

Departamento de Zoología  
Universidad de Córdoba



**Biología y ecología  
de la angula  
(*Anguilla anguilla* L., 1758)  
en el estuario del Guadalquivir.  
Impacto de su pesca.**

**Tesis Doctoral**

**Carmen Arribas Lozano  
Córdoba, 2009**

TITULO: *Biología y ecología de la angula (Anguilla anguilla L., 1758) en el estuario del Guadalquivir. Impacto de su pesca*

AUTOR: *Carmen Arribas Lozano*

---

© Edita: UCOPress. 2016  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

[www.uco.es/publicaciones](http://www.uco.es/publicaciones)  
[publicaciones@uco.es](mailto:publicaciones@uco.es)

---





**Biología y ecología de la angula  
(*Anguilla anguilla* L., 1758) en el estuario  
del Guadalquivir. Impacto de su pesca.**

**TESIS DOCTORAL**



**Carmen Arribas Lozano**

**Córdoba, 2009**







**Biología y ecología de la angula (*Anguilla anguilla* L., 1758)  
en el estuario del Guadalquivir. Impacto de su pesca.**

Memoria presentada para optar al  
Grado de Doctora en Biología por la Universidad de Córdoba

Fdo.: Carmen Arribas Lozano

Vº Bº los directores

Fdo.: Dr. Carlos Fernández Delgado

Fdo.: Dr. Francisco J. Oliva Paterna

Córdoba, 2009





*A ti siempre*





## **Agradecimientos.**

No pensé nunca que escribir los Agradecimientos sería la parte más difícil de mi Tesis Doctoral. Ni tampoco podía imaginar que al plasmarlos sobre papel mis ojos se llenarían de lágrimas de emoción, espero acordarme de todas las personas que me han apoyado y ayudado durante este largo camino.

A la primera persona que quiero agradecerle profundamente su dedicación, su confianza, su apoyo y su “pechá de currar” es al Dr. Carlos Fernández Delgado mi director, mi maestro, mi gran amigo, no sólo por haberme dado la oportunidad de realizar mi Tesis, sino también por haber contado siempre conmigo para trabajar en numerosos proyectos en su Grupo de Investigación a lo largo de todos estos años, que son ya muchos, de él he aprendido todo lo que sé de peces y de muchas otras cosas, gracias Carlos por tu infinita paciencia y por estar siempre dispuesto a escucharme.

Al Dr. Francisco J. Oliva Paterna, “Siscu”, mi codirector optimista y entusiasta, siempre me animó y ayudó con los análisis estadísticos entre otras muchas cosas, gracias por venir a Córdoba aquel verano tan caluroso y dedicarme tanto tiempo, y por la música de “fumeta” que me pasaste que tanto me acompañó mientras analizaba datos.

¡Cómo no!, a mi gran maestra también, la Dra. Pilar Drake, gaditana de adopción, que siempre se mostró dispuesta a ayudarme desinteresadamente, ella siempre ha estado ahí dándome confianza, consejos y ánimos que sin duda han sido necesarios para poder acabar esta Tesis y de ella he aprendido también a “hacer ciencia”.

A todos mis compañeros del grupo “*Aphanius*”, son tantos..., a los antiguos, Diego y Palmira con la que pasé tres años andando y descubriendo palmo a palmo el río Guadiamar, sólo nos faltó vestirnos de toreras, ¡¡que montón de anécdotas compartimos juntas!!, ¿verdad?; Tere, Arnolf, Rocío, Javi gracias por esos buenos momentos que hemos pasado en aquellas salidas nocturnas en busca de trampas de larvas en el Guadiamar y por esos muestreos de hábitat tan divertidos..., y a los nuevos Lucía Gálvez a la que también considero mi amiga, gracias por tantos momentos dilucidando sobre el mundo de la estadística; Ramón, Fran, Alex, Chapo, Quique los incansables “pescadores” de la cuenca del Guadalquivir.

A los “ratones coloraos” Manuel y Plácido, a Manuel por todo lo que me ha enseñado de la Marisma y del Río, a Plácido por los buenos momentos que hemos pasado en el barco, en Doñana “adivinando” el futuro y jugando con ese tablero tan extraño de tres en raya con el que casi siempre me ganaba.

Al gaditano “señorito” (de Jerez) como diría Manuel, Quique, al que conocí en un curso de restauración de riberas en Sevilla, siempre alegre, trabajador incansable, dispuesto en todo momento a ayudarme y con el que compartí dos meses de muestreos en el barco junto con Corki, nuestro “ratón Pérez”.

A mis compañeros del Departamento de Zoología, Miguel Gaju, Ana Cárdenas, Domingo Guirado, Juan Hidalgo, Rafael Molero, Antonio Gómez (Antuán), a las “chicas monas” con las que desayuno todas las mañanas y con las que hablo de las cosas más diversas, Raquel, Patricia, Lourdes y Eu; a los vecinos de despacho Ana Montilla (que es capaz de hablar más que yo, ¡quien me lo iba a decir!), Francis, Pablo, Isa y Leire todos habéis puesto vuestro granito de arena para que terminara mi Tesis.

No podía dejarme atrás a mi familia abnegada en este duro empeño, a mi madre María y mi hermana Teresa que siempre me han apoyado y ayudado a seguir hacia adelante y por supuesto a Luis, mi marido, con el que he compartido gran parte de mi vida y al que tengo que agradecerle tanto..., gracias por haber creído en mí y por haber renunciado a tantas cosas para que yo pudiera terminar mi Tesis

Tampoco podía olvidar a mis amigos Ana Carmen Ariza, Pepe Aumente, Jesús Mérida, María, Carlos de la Cruz, Carlos Reyes, Teresa Godino, Susana Cobacho, Teresa Aguayo, Herminia García (mi compi de inglés y de piscina) Rous Mary (la temida chica del pen) y a Notario, la próxima doctora, con la que he compartido muchos “tuperwares”, perdonad por el abandono al que os he sometido durante este largo tiempo.

Y por último a Lolo, mi labrador negro, que ha pasado tantas horas muertas a mis pies...,también tú has puesto tu granito de arena.

Gracias a todos.



*“Recójanse durante el creciente de la luna de mayo 140 litros de rocío empapándolo en un lienzo. Tómense diez ó doce anguilas viejas; córteseles la cabeza y desuélleselas. Quíteselas entonces las tripas y la grasa; y macháquese en un mortero de piedra, exponiendo al sol esta pasta en un cántaro de agua. Macháquese igualmente la carne de dichos animales; y expóngase algunas noches á la claridad de la luna. Despues mézclese todo al rocío y expóngase al sol en un barreño ó terrina muy plana; y al cabo de algunos dias se verá la masa llena de anguilas como agujas de coser, que echándolas en las lagunas crecen tan rápidamente que pueden venderse al cabo de un año”.*

Receta para fabricar anguilas recogida en el *Manual práctico de piscicultura ó, Prontuario para servir de guía al piscicultor en España, y á los empleados de la administracion pública en nuestras aguas dulces y saladas*. 1864.

Mariano de la Paz Graells.



# Índice.

## Agradecimientos.

<b>Capítulo 1. Introducción general.</b>	<b>1</b>
1.1. Bibliografía.	8
<b>Capítulo 2. Área de estudio y metodología general.</b>	<b>13</b>
2.1. Bibliografía.	26
<b>Capítulo 3. Biología de la migración anádroma de la angula (<i>Anguilla anguilla</i> Linnaeus, 1758) en el estuario del río Guadalquivir: abundancia y crecimiento.</b>	<b>29</b>
3.1. Introducción.	31
3.2. Material y métodos.	33
3.3. Resultados.	35
3.4. Discusión.	48
3.5. Conclusiones.	52
3.6. Bibliografía.	53
<b>Capítulo 4. Estados de pigmentación de la angula (<i>Anguilla anguilla</i> Linnaeus, 1758) en el estuario del río Guadalquivir: descripción y variación espacio-temporal.</b>	<b>59</b>
4.1. Introducción.	61
4.2. Material y métodos.	63
4.3. Resultados.	66
4.4. Discusión.	81
4.5. Conclusiones.	85
4.6. Bibliografía.	86
<b>Capítulo 5. Distribución espacio-temporal de la angula (<i>Anguilla anguilla</i> Linnaeus, 1758) en un estuario europeo de clima mediterráneo: efectos de las variables ambientales.</b>	<b>89</b>
5.1. Introducción.	91
5.2. Material y métodos.	93
5.3. Resultados.	97
5.4. Discusión.	107

5.5. Conclusiones.	112
5.6. Bibliografía.	113
<b>Capítulo 6. Bases para la elaboración de un plan de conservación de la anguila (<i>Anguilla anguilla</i> Linnaeus, 1758) en la cuenca del río Guadalquivir.</b>	<b>119</b>
6.1. Introducción.	121
6.2. Estado de conservación de la anguila.	121
6.3. Problemática para la conservación de la anguila en el Guadalquivir.	131
6.4. Impacto de la pesca de la anguila.	140
6.5. Aspectos a considerar para un plan de conservación de la anguila en el Guadalquivir.	147
6.6. Medidas de gestión.	149
6.7. Conclusiones.	161
6.8. Bibliografía.	162
<b>Capítulo 7. Conclusiones generales.</b>	<b>165</b>
<b>Apéndices (sólo en el documento digital).</b>	



# CAPÍTULO I

---

**Introducción y objetivos generales.**



Los peces constituyen el grupo más diverso dentro de los vertebrados, no sólo en sus formas o tamaños, sino también en su biología y ecología (Moyle y Cech 1982; Wootton, 1998; Hickman *et al.*, 2002). Más de la mitad de los vertebrados vivientes son peces [51,1%; 24618 peces *versus* 23550 tetrápodos; Nelson (1994)]. A su vez, se estima en 9966 (40,5% de los peces) el número de especies que habitan normalmente las aguas continentales (Nelson, 1994), ambientes que únicamente ocupan el 1% de la superficie terrestre y conforman menos del 0,01% del agua presente en el planeta (Bruton, 1995).

En los sistemas acuáticos epicontinentales la tasa crítica de extinción de especies piscícolas es elevada (Allan y Fecker 1992; Maitland y Crivelli, 1996; Gibbs, 2000; entre otros) como consecuencia del deterioro y/o destrucción del hábitat (Hunter, 1996; Meffe y Carroll, 1997; Primack y Ros 2002; Baillie *et al.*, 2004). Varias son las razones que demuestran el mayor riesgo de estos ecosistemas frente a la degradación. Éstas se relacionan con las propiedades *per se* del agua, con la interacción *medio acuático – medio terrestre*, y con la proximidad histórica de las poblaciones humanas a los sistemas dulceacuícolas (Moyle y Williams, 1990; Angermeier y Schlosser, 1995; Leidy y Moyle, 1998).

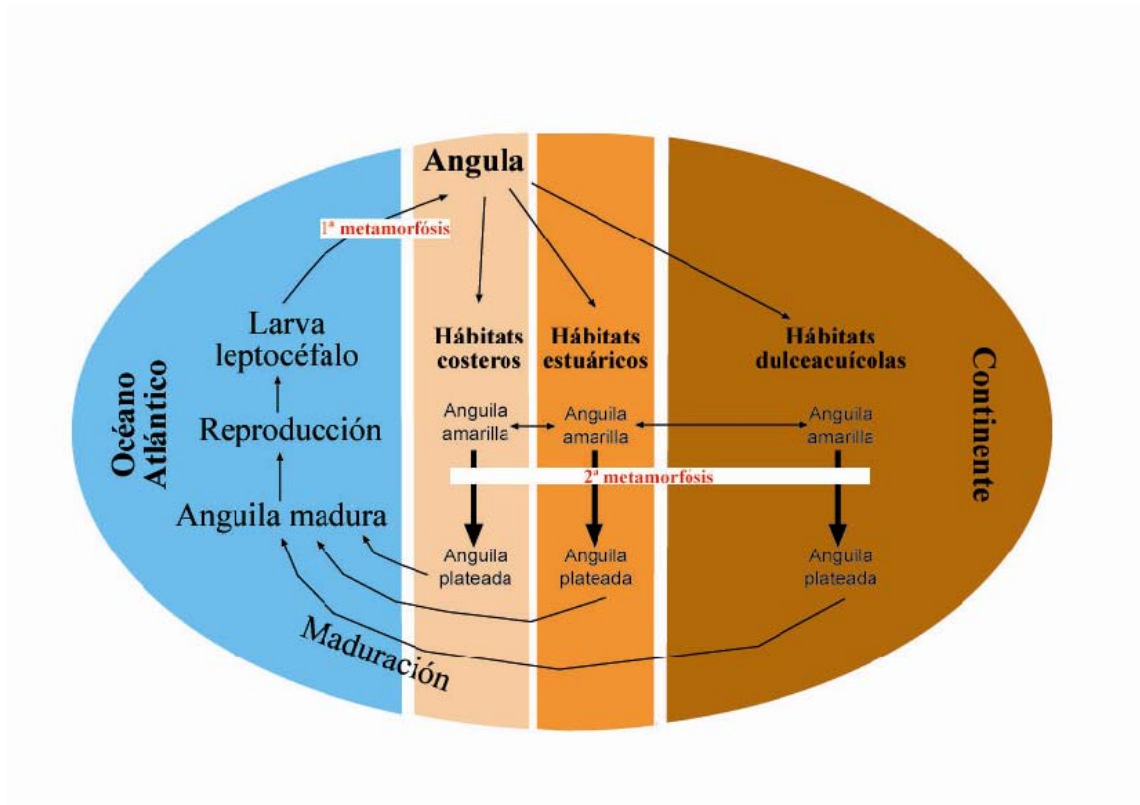
Los ambientes costeros someros, como es el caso de los estuarios, constituyen uno de los ecosistemas más amenazados del planeta. Destrucción, fragmentación, degradación y presencia de especies invasoras se conforman como las grandes amenazas que se ciernen sobre estos interesantísimos ecosistemas que tan buen papel han jugado y juegan como formadores de especies en el escenario evolutivo (McLusky, 1971; 1989). Su elevada productividad les hace actuar como importantes zonas de cría de numerosas especies (Boddeke, 1986; Eliot *et al.*, 1990; Drake y Arias, 1991; Valesini *et al.*, 1997; Cattrijsse *et al.*, 1997; Azeitero y Marques, 1999; Costa *et al.*, 2002); además, representan el hábitat natural de otras muchas que completan sus ciclos de vida en ellos, y son lugares de paso obligado en las migraciones reproductoras que realizan las especies diádromas (Granado-Lorencio, 1991; García-González, 2005) como ocurre en el caso de la anguila.

Los estuarios son también sumideros de materia orgánica y nutrientes que proceden tanto de su zona de influencia como de las tierras de cultivo y áreas urbanas colindantes (Peierls *et al.*, 1991; Boyes y Elliott, 2006), sirviendo a su vez de fuentes de materia orgánica y nutrientes a la zona costera adyacente (Wilson, 2005; Boyes y

Elliott, 2006). De hecho, en las cercanías de la desembocadura de los grandes ríos existen importantes pesquerías de crustáceos y peces, asociados a los aportes directos de nutrientes y a las descargas de agua dulce procedente del río que enriquecen las zonas cercanas a la desembocadura (Sutcliffe, 1973; San Felú, 1975; Grimes, 2001). El estuario del Guadalquivir es un buen ejemplo de todo ello, desempeñando un importante papel como zona de cría de especies marinas y jugando un papel esencial en el mantenimiento de importantes pesquerías que se desarrollan en el Golfo de Cádiz (Fernández-Delgado *et al.*, 2000). Es precisamente otra pesquería, la que está ejerciendo un importante daño a esta zona de cría, y es la dedicada a la captura de angulas. Como se verá más adelante el impacto de esta pesquería sobre la comunidad de peces del Bajo Guadalquivir es realmente importante.

El género *Anguilla* se enmarca dentro del orden Anguiliformes, cuenta con 15 especies, distribuidas geográficamente por todos los océanos excepto el Atlántico Sur (Ege, 1939; Tsukamoto y Aoyama, 1998). Una de las más comerciales y conocidas ha sido la anguila europea *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) que, como el resto de las especies del grupo, tiene un ciclo de vida largo y complejo (Figura 1). Es una especie migradora anfihalina que se reproduce en el mar de los Sargazos (22°-30° N; 48°-65° W), a unos 5000 Km de las costas europeas (Schmidt, 1909; Kleckner *et al.*, 1983). Desde aquí su larva, llamada leptocéfala, ayudada por las corrientes oceánicas del Golfo, llega a las costas europeas y norteafricanas. Al final de la migración transoceánica, la larva se transforma en angula transparente o de cristal en términos anglosajones (*glass-eels*), dando comienzo a la fase anádroma de su ciclo vital. Su naturaleza eurihalina le permite colonizar todo tipo de hábitats continentales, costeros, estuáricos o de agua dulce (Tzeng *et al.*, 1997, 2002; Tsukamoto y Arai, 2001; Jessop *et al.*, 2004; Daverat *et al.*, 2006), utilizando el transporte selectivo mareal como vector primario de sus desplazamientos (McCleave y Kleckner, 1982; McCleave y Wippelhauser, 1987). Durante su migración, el cuerpo se va pigmentando hasta alcanzar la fase denominada de anguila amarilla, donde el dorso es de un verde intenso y el vientre amarillento. En este estado juvenil va a pasar un periodo variable (entre 5 y 20 años) que va a depender fundamentalmente de la temperatura y de la cantidad y calidad de alimento (Fernández-Delgado, 1987). Durante esta fase, cambiarán una o varias veces de hábitats (Arai *et al.*, 2003; Daverat *et al.*, 2004).

Al final de este periodo el individuo dejará de comer y sufrirá una segunda metamorfosis donde los ojos se agrandarán y el cuerpo se tornará gris plateado por el dorso y blanquecino por el vientre, comenzando la migración catádroma, segunda fase de su vida migratoria. Este último viaje hacia la misma zona donde nació, el Mar de los Sargazos (Tesch, 2003), es casi desconocido para la ciencia.



**Figura 1.** Descripción gráfica del ciclo biológico de la anguila.

Sin embargo, no sólo estos aspectos tan fundamentales de una especie son desconocidos, otros parámetros básicos de su biología en territorio europeo son exclusivamente conocidos para los territorios europeos allende los Pirineos. Tal es el caso de la evolución de la talla, masa, pigmentación, índice de condición o influencia de factores hidrológicos y climáticos sobre la migración (Cantrelle, 1981; Charlon y Blanc, 1982; Cantrelle, 1984; Elie y Rigaud, 1984; Ciccotti *et al.*, 1985; Desaunay *et al.*, 1987; Gascuel, 1987; Boëtius y Boëtius, 1989; Gascuel *et al.*, 1995; de

Casamajor *et al.*, 2000; de Casamajor 2001; Briand *et al.*, 2004; Edeline *et al.*, 2006; entre otros).

El estuario del Guadalquivir se encuentra situado en el límite más meridional de la distribución geográfica de la anguila en Europa, un área que puede aportar datos muy interesantes sobre la especie y que paradójicamente se encuentra escasamente estudiada (Gandolfi, 1924; Arias y Drake; 1985; Fernández-Delgado, 1987; Fernández-Delgado *et al.*, 1989;). En esta zona se desarrolla además una importante pesquería no regulada sobre la especie que ejerce un fuerte impacto sobre la zona de cría y engorde de numerosas especies comerciales (Fernández-Delgado *et al.*, 2000; Sobrino *et al.*, 2005).

Por otra parte, la anguila europea es un importante recurso en términos tanto ecológicos como socioeconómicos (Baisez y Laffaille, 2005). Su stock se encuentra actualmente colapsado (Briand *et al.*, 2003; Dekker, 1998; Stone 2003). Los últimos datos confirman que la especie se encuentra fuera de los límites de seguridad biológica (ICES, 2007). Desde los años 80, la abundancia de esta especie ha disminuido en gran parte de su área de distribución geográfica (Moriarty y Dekker, 1997; Dekker 2003), su situación es tan delicada que, en la reciente actualización (2008) de las categorías de conservación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (<http://www.iucnredlist.org>), se clasifica a la especie como EN PELIGRO CRÍTICO (CR), estableciendo los criterios A2bd+4bd como causas de ese mal estado de conservación.

## **Objetivos.**

El presente proyecto de Tesis Doctoral tiene como objetivo central aportar los primeros datos biológicos y ecológicos en series temporales de la especie en el estuario del Guadalquivir, una de las zonas más meridionales de su distribución. El estudio se centra en una de las fases más delicadas de toda especie, la de alevín, una etapa del desarrollo con muchas incógnitas aún por resolver, y sobre los aspectos que determinan su migración anádroma. Sinceramente creemos que unos datos basados en una muestra tan abultada (más de 10000 angulas analizadas), con una serie temporal considerable (10 años) y en la zona más meridional de Europa pueden aportar aspectos interesantes al conocimiento biológico y problemática de conservación del taxón y así participar en una gestión más eficaz, científica y racional facilitando su supervivencia a largo plazo.

De este modo, los objetivos concretos del presente proyecto de Tesis Doctoral son:

- (1) Conocer las características biométricas del *stock* de entrada de angulas en el estuario del Guadalquivir fundamentalmente en relación con la evolución espacial y temporal de la masa, talla, índice de condición y estados de pigmentación.
- (2) Analizar la evolución espacial y temporal de la migración anádroma de la angula en el estuario del Guadalquivir y su relación con las variables ambientales.
- (3) Reunir la información existente sobre la problemática de la conservación de la anguila en la cuenca del Guadalquivir y proponer recomendaciones desde el contexto académico para la elaboración del Plan de Conservación de la anguila.



## 1.1. Bibliografía.

- Angermeier, P. L. and I. J. Schlosser (1995). Conserving Aquatic Biodiversity: Beyond Species and Populations. *American Fisheries Society Symposium* 17: 402-414.
- Allan, J. D. and A. S. Fecker (1992). Biodiversity conservation in running waters. *Bioscience* 43: 32-43.
- Arai, T., A. Kotake, M. Ohji, M. J. Miller, K. Tsukamoto and N. Miyazaki (2003). Occurrence of sea eels of *Anguilla japonica* along the Sanriku Coast of Japan. *Ichthyological Research* 50:78-81
- Arias, A. M. y P. Drake (1985). Estructura de la población y régimen alimentario de *Anguilla anguilla* L., 1758 (Osteichthyes, Anguillidae), en los esteros de San Fernando (Cádiz). *Investigaciones Pesqueras* 49(4), 475-491.
- Azeiteiro, U. M. M. and J. C. Marques (1999). Temporal and spatial structure in the suprabenthic community of a shallow estuary (western Portugal: Mondego river estuary). *Acta Oecologica* 20: 333-342.
- Baillie, J., C. Hylton-Taylor and S. N. Stuart (Eds) (2004). *2004 IUCN Red List Of Threatened Species. A Global Assessment*. IUCN. Gland, Switzerland & Cambridge, UK.
- Baisez, A. et P. Laffaille (2005). Un outil d'aide à la gestion de l'anguille: le tableau de bord anguille du bassin Loire. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 378/379, 115-130.
- Boddeke, R. (1976). The seasonal migration of the brown shrimp *Crangon crangon*. *Netherlands Journal of Sea Research*, 10: 103-130.
- Boëtius, I. and J. Boëtius (1989). Ascending elvers, *Anguilla anguilla*, from five European localities. Analyses of pigmentation stages, condition, chemical composition and energy reserves. *Dana* 7, 1-12.
- Boyes, S. and M. Elliott (2006). Organic matter and nutrient inputs to the Humber Estuary, England. *Marine Pollution Bulletin* 53: 136-143.
- Briand, C., D. Fatin, G. Fontenelle and E. Feunteun (2003). Estuarine and fluvial recruitment of European glass eel, *Anguilla anguilla*, in a exploited Atlantic estuary. *Fisheries Management and Ecology* 10, 377-384.
- Briand, C., D. Fatin et P. Lambert (2004). Effects de la température et de la salinité sur le développement de la pigmentation des civelles (*Anguilla anguilla*). *Cybum*, 28(3), 247-254.
- Bruton, M. N. (1995). Have fishes had their chips? The dilemma of threatened fishes. *Environmental Biology of Fishes* 43: 1-27.
- Cantrelle, I. (1981). *Etude de la migration et de la pêche des civelles (Anguilla anguilla L.) dans l'estuaire de la Gironde*. Thèse, Université de Paris VI.
- Cantrelle, I. (1984). Les populations de civelles d'*Anguilla anguilla* L. en migration dans l'estuaire de la Gironde. *Vie Milieu* 34, 109-116.
- Cattrijsse, A., H. Dankwa R. and J. Mees (1997). Nursery function of an estuarine tidal marsh for the brown shrimp *Crangon crangon*. *Journal of Sea Research* 38: 109-121.
- Charlon, N. and J. M. Blanc (1982). A study of the elvers (*Anguilla anguilla* L.) in the Adour basin area. 1. Length and weight biometrical characteristics in function of pigmentation. *Archives Hydrobiologie* 93, 238-255.



- Ciccotti, E., T. Ricci, M. Scardi, E. Fresi and S. Cataudella (1995). Intraseasonal characterization of glass eel migration in the river Tiber: space and time dynamics. *Journal Fish Biology* 47, 248-255.
- Costa, M. J., H. N. Cabral, P. Drake, A. N. Economou, C. Fernández-Delgado, L. Gordo, J. Marchand and R. Thiel (2002). Recruitment and production of commercial species in estuaries. En: Elliott, M. y K. Hemingway (Eds), *Fishes in Estuaries*. Blackwell Science, Oxford, pp. 54-123.
- Daverat, F., P. Elie et M. Lahaye, (2004). Première caractérisation des histoires de vie des anguilles (*Anguilla anguilla*) occupant la zone aval du bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne: apport d'une méthode de microchimie. *Cybium* (28 suppl.), 83– 90.
- Daverat, F., K. E. Limburg, I. Thibault, J. -C. Shiao, J. J. Dodson, F. Caron, W. -N. Tzeng, Y. Lizuka and H. Wickström (2006). Phenotypic plasticity of habitat use by three temperate eel species, *A. anguilla*, *A. japonica* and *A. rostrata*. *Marine Ecology Progress Series* 308, 231-241.
- De Casamajor, M. N., P. Prouzet et P. Lazure (2000). Identification des flux de civelle *Anguilla anguilla* à partir des relations d'allométrie en fonction des conditions hydrodynamiques dans l'estuaire de l'Adour. *Aquatic Living Resources* 13, 411-420.
- De Casamajor, M. N. (2001). Comportement migratoire de la civelle (*Anguilla anguilla*) dans l'estuaire de L'Adour en fonction de la variabilité des conditions environnementales, *Bulletin de la Société Zoologique de France* 126 (2001) (3), pp. 283–290.
- Dekker, W. (1998). Long-term trends in the glasseels immigrating at Den Oever, the Netherlands. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 349,199–214.
- Dekker, W. (2003). Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla Anguilla*? *Fisheries Management and Ecology* 10, 365-376.
- Desaunay, Y., D. Guerault and P. Bellois (1987). Dynamique de la migration anadrome de la civelle (*Anguilla anguilla*) dans l'estuaire de la Loire; role des facteurs climatique vis à vis de la peche et du recrutement. ICES CM 1987/M, 18.
- Drake, P. y A. M. Arias (1991). Ichthyoplankton of a shallow coastal inlet in south-west Spain: Factors contributing to colonization and retention. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 32: 347-364.
- Edeline, E., P. Lambert, C. Rigaud and P. Elie (2006). Effects of body condition and water temperature on *Anguilla anguilla* glass eel migratory behavior. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 331, 217-225.
- Ege, W. (1939). A revision of the genus *Anguilla* Shaw, a systematic, phylogenetic and geographical study. *Dana Report* 16:1-256
- Elie, P. et C. Rigaud (1984). Etude de la population d'anguille de l'estuaire et du bassin versant de la Vilaine (Pêche-biologie-écologie) examen particulier de l'impact du barrage d'Arzal sur la migration anadrome. Université de Rennes I/CEMAGREF de Bordeaux. Tome 1,2-3 174 p ; 162p.
- Elliott, M., M. O'Reilly G. and C. J. L. Taylor (1990). The Forth estuary: A nursery and overwintering area for North Sea fishes. *Hydrobiologia* 195: 89-103.
- Fernández-Delgado, C. (1987). *Ictiofauna del Estuario del Guadalquivir: Su distribución y biología de las especies sedentarias*. Tesis. Universidad de Cordoba, Sevilla, Spain.

- Fernández-Delgado, C., J. A. Hernando, M. Herrera and M. Bellido (1989). Age and growth of yellow eels, *Anguilla anguilla*, in the estuary of Guadalquivir river (south-west Spain). *Journal of Fish Biology* 34, 561-570.
- Fernández-Delgado, C., A. Arias, D. García-González y P. Drake (2000). *Peces de Doñana y su entorno*. Serie Técnica. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Gandolfi-Hornoyold, A. (1924). Observaciones sobre la edad y el crecimiento de la anguila del Guadalquivir en Sevilla. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*: 357-362.
- García-González, D. (2005), *Dinámica de la comunidad de peces en la zona de cría y engorde del estuario del Guadalquivir: patrones de distribución y reclutamiento*. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba: 213 pp.
- Gascuel, D. (1987). La civelle d'anguille dans l'estuaire de la Sèvre Niortaise: Biologie, Écologie, Exploitation. Publ. Départ. Halieutique, ENSA Rennes 4/1, 355p. 4/2 204 p.
- Gascuel, D., E. Feunteun and G. Fontenelle (1995). Seasonal dynamics of estuarine migration in glass eels (*Anguilla anguilla*). *Aquatic Living Resources* 8, 123–133.
- Gibbs, J. P. (2000). Wetland loss and Biodiversity Conservation. *Conservation Biology* 14: 314-317.
- Granado-Lorencio, C. (1991). The effect of man on the fish fauna of the River Guadalquivir, Spain. *Fisheries Research* 12: 91-100.
- Grimes, C. B. (2001). Fishery production and the Mississippi river discharge. *Fisheries* 26: 17-26.
- Hickman, C. P., L. S. Roberts and A. Larson (2002). *Principios Integrales de Zoología*. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. España.
- Hunter, M. L. (1996). *Fundamentals of Conservation Biology*. Blackwell Science. Cambridge, Massachusetts.
- ICES, (International Council for the Exploration of the Sea). (2007). *Report of the EIFAC/ICES Working Group on Eels*. ICES CM 2007/ACFM:
- Jessop, B. P., J. C. Shiao, Y. Lizuka and C. S. Tzeng (2004). Variation in the annual growth, by sex and migration history, of silver American eels *Anguilla rostrata*. *Marine Ecology Progress Series* 272, 231-244.
- Kleckner, R. C., J. D. McCleave and G. S. Wipplehauser (1983). Spawning of American eel, *Anguilla rostrata*, relative to thermal fronts in the Sargasso Sea. *Environmental Biology of Fishes* 9: 289-293.
- Leidy, R. A. and P. B. Moyle (1998). Conservation Status of the World's Fish Fauna: An Overview. En: *Conservation Biology. For the coming decade*. Fiedler PL & PM Kareiva (Eds). Chapman & Hall, New York.
- Maitland, P. S. and A. J. Crivelli (1996). *Conservation of freshwater fish. Conservation of Mediterranean Wetlands* - number 7. Tour du Valat, Francia.
- Meffe, G. K. and C. R. Carroll (1997). *Principles of Conservation Biology* (2<sup>nd</sup> Edition). Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.
- McCleave, J. D. and R. C. Kleckner (1982). Selective tidal stream transport in the estuarine migration of glass eels of the American eel (*Anguilla rostrata*). *Journal du Conseil - Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 40:262-271.

- McCleave, J. D. and G. S. Wipplehauser (1987). Behavioral aspects of selective tidal transport in juvenile American eel. Pages 138-150 *en*: M. J. Dadswell, R. J. Klauda, C. M. Moffitt, R. L. Saunders, R. A. Rulifson, and J. E. Cooper, Editors. Common strategies of anadromous and catadromous fishes. *American Fisheries Society*, Symposium 1, Bethesda, Maryland.
- McLusky, D.S. (1971). *Ecology of Estuaries*. Heinemann Educational Books. London.
- McLusky, D.S. (1989). *The estuarine ecosystem*. Glasgow / London: Blakei.
- Moriarty, C. and W. Dekker (1997). Management of the European eel. *Fisheries Bulletin (Dublin)* 15: 125 p.
- Moyle, P. B. and P. Cech (1982). *Fishes: An introduction to ichthyology*. Prentice-Hall Incorporated (Eds). Englewood Cliffs, New Jersey.
- Moyle, P. B. and J. E. Williams (1990). Biodiversity loss in the temperate zone: decline of native fish fauna of California. *Conservation Biology* 4: 275-284.
- Nelson, J. S. (1994). *Fishes of the world*. (2nd Edition). Wiley & Sons (Eds). New York.
- Peierls, B. L., N. F. Caraco, M. L. Pace and J. J. Cole (1991). Human influence on river nitrogen. *Nature* 350: 386-387.
- Primack, R. B. and J. Ros (2002). *Introducción a la biología de la Conservación*. Editorial Ariel SA (Ed). Barcelona.
- San Felú, J. M. (1975). *Influencia de los aportes del río Ebro sobre la producción pesquera de la zona*. Publicación Técnica Dirección General Pesca Marítima 11: 263-278.
- Schmidt, J. (1909). Remarks on the metamorphosis and distribution of the larvae of the eel (*Anguilla vulgaris*, Turt.). *Meddelelser fra Kommissionen for Havundersøgesler, serie Fiskeri Copenhagen* III, 1-17.
- Sobrino, I., F. Baldó, D. García-González, J. A. Cuesta, A. Silva-García, C. Fernández-Delgado, A.M. Arias, A. Rodríguez and P. Drake (2005). The Effect of estuarine fisheries on juvenile fish observed within the Guadalquivir Estuary (SW Spain). *Fisheries Research* 76, 229-242.
- Stone, R. (2003). Freshwater eels are sleep-sliding away. *Science* 302, 221-222.
- Sutcliffe, W. H. (1973). Correlations between seasonal river discharge and local landings of American lobster (*Homarus americanus*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in the Gulf of St. Lawrence. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30: 856-859.
- Tesch, F. -W. (2003). *The eel*. (Thorpe, J. E., ed.), 3rd edn. London: Blackwell Publishing.
- Tsukamoto, K. and J. Aoyama (1998). Evolution of freshwater eels of the genus *Anguilla*: a probable scenario. *Environmental Biology of Fishes* 52:139-148
- Tsukamoto, K. and T. Arai (2001). Facultative catadromy of the eel *Anguilla japonica* between freshwater and seawater. *Marine Ecology Progress Series* 220, 265-276.
- Tzeng, W. N., K. P. Severin and H. Wickstrom (1997). Use of otolith microchemistry to investigate the environmental history of European eel *Anguilla anguilla*. *Marine Ecology Progress Series* 149, 73-81.
- Tzeng, W. N., J. C. Shiao and Y. Iizuka (2002). Use of otolith Sr:Ca ratios to study the riverine migratory behaviors of Japanese eel *Anguilla japonica*. *Marine Ecology Progress Series* 245, 213-221.

- Valesini, F. J., I. C. Potter, M. E. Platell and G. A. Hyndes (1997). Ichthyofaunas of a temperate estuary and adjacent marine embayment. Implications regarding choice of nursery area and influence of environmental changes. *Marine Biology* 128: 317-328.
- Wilson, J. G. (2005). Diffuse inputs of nutrients to Dublin bay. *Water Science and Technology* 51: 231-237.
- Wootton, R. J. (Ed). (1998). *Ecology of Teleost Fishes* (2<sup>nd</sup> Edition). Chapman & Hall. London.

# CAPÍTULO II

---

**Área de estudio y metodología general.**





## **Área de estudio.**

El estuario del Guadalquivir se encuentra situado en el suroeste de la Península Ibérica ( $36^{\circ} 45' - 37^{\circ} 15' \text{ N}$ ,  $6^{\circ} 00' - 6^{\circ} 22' \text{ W}$ ), es un cauce funcional que actúa como vía fluvio/mareal de intensa dinámica (Figura 1). La marea se extiende desde su desembocadura en Sanlúcar de Barrameda hasta la presa de Alcalá del Río (Sevilla), a 110 Km. Antes de la construcción de esta presa, la onda de marea podía penetrar hasta 200 Km río arriba (Vanney, 1970).

El Bajo Guadalquivir a lo largo de su historia ha sufrido numerosas transformaciones en su red hidrográfica original (Del Moral, 1991; González-Arteaga, 1993), en la Alta Edad Media, aguas abajo de La Puebla del Río (Sevilla), el río se dividía en grandes brazos que recorrían las Marismas del Guadalquivir: Brazo del Este, Brazo de Enmedio, Brazo del Oeste, Brazo del Noroeste o de la Torre. Dichos brazos limitaban dos grandes islas, Isla Mayor e Isla Menor (Fernández-Delgado, 2001). El Brazo del Este, comenzaba a unos 7 Km de La Puebla del Río, recorría un tramo inicial recto muy corto y luego se curvaba siguiendo su sinuoso camino hacia el sur, uniéndose nuevamente al cauce del Brazo de Enmedio. Su lecho plano e irregular hacía muy difícil la navegación, aún en altas pleamares, por lo que en el siglo XVIII fue desecado a excepción de su porción final, aprovechada para recibir la parte terminal del Arroyo Salado de Morón al que se le une el desagüe del caño de Lebrija (Martín-Ribes, 1984).

Con la desecación de este brazo, se consiguió suprimir un camino difícil y peligroso para la navegación, al tiempo que se incrementó el caudal del Brazo de Enmedio, de unos 30 km de longitud, facilitando su navegación, con estas modificaciones se hizo más directa la onda de marea hacia la dársena sevillana.

A 800 metros del brazo anterior, el río se desviaba recto y hacia el oeste formando una bolsa o torno denominado de San Fernando o del Borrego aunque también se llamó de Casas Reales y Venta de la Negra. Las dos curvas que formaban el torno de San Fernando, fueron unidas en 1816 por la Corta de Fernandina, de unos 1600 metros de longitud con lo que se suprimieron los 12 Km de difícil navegabilidad. A partir de la corta de Fernandina, a los 5 km el cauce volvía

nuevamente sinuoso hacia el este y continuaba su marcha central (Brazo de Enmedio) curvándose hacia el sur formando una gran revuelta de unos 16 Km de recorrido llamada los Jerónimos, de El Mármol y de La Ermita (Del Moral, 1991).



**Figura 1.** Área de estudio con la localización exacta de las cinco estaciones de muestreo (E1-E5; puntos rojos).



En el año 1888 se eliminó esta gran revuelta por medio de una corta de 4,7 km de longitud llamada Corta de los Jerónimos, quedando cerrado el gran espacio del torno denominado Isla Mínima. A partir de esta corta el cauce sigue sinuoso aumentando el caudal, recibiendo por la izquierda el extremo sur del Brazo del Este portador de la porción final del Arroyo Salado de Morón y por la derecha, a unos kilómetros más abajo, el tercer brazo, denominado del Oeste, del Noroeste o de la Torre. Este Brazo nacía del fondo del saco sur, del torno de San Fernando, a 13 Km se unía al Guadamar por la derecha, a partir de aquí el cauce se ensanchaba progresivamente a lo largo de 45 Km hasta unirse al Brazo de Enmedio, a los 4 Km de esta unión aparece el Caño Madre de las Marismas del Rocío, la porción terminal del encauzamiento del Guadamar y el Caño Travieso formando estos tres caños un tronco común que al unirse al cauce principal forma un espacio donde se encuentra el lucio de los Ánsares.

A estos tres brazos convergían multitud de canales mareales que se extendían por toda la marisma y la drenaban de forma natural. Las marismas sufrían inundaciones periódicas producidas por las a veces violentas descargas del río Guadalquivir (Menantenau y Vanney, 1985). A este caudal se unía el de pequeños caños y arroyos que desembocaban directamente en la zona (Caño Guadamar, Arroyo de la Rocina, del Partido, etc.).

Según García Otero (1847), a principios del Siglo XIX, la mayor parte del caudal mareal remontaba el Brazo de la Torre hasta el comienzo de Isla Mayor, mientras que las corrientes fluviales se confinaban en el Brazo del Este y el Guadalquivir, produciéndose desbordamientos en determinadas horas de fuerte marea. Su importancia ha ido decreciendo de forma natural por la progresiva colmatación y continentalización del medio. En un pasado reciente los desbordamientos mareales ocurrían en ocasión de mareas vivas equinocciales, extendiéndose principalmente en la margen derecha por la posición del Brazo de la Torre, aunque afectando poco más allá de sus márgenes y alcanzando a través de determinados caños a los lucios más cercanos (Membrillo, Ánsares, Tío Orcha, Molinillo, Buentiro) (Rodríguez, 1996, 1998).

Sin embargo esta supuesta dinámica natural esta hoy día muy alterada por las numerosas modificaciones que han transformado la fisonomía meandriforme

natural del Guadalquivir en un cauce casi rectilíneo. En la actualidad tanto el torno de San Fernando como la porción del Brazo de la Torre hasta su unión con el Guadiamar, están desecados con el fin de que el agua del citado río se dirija directamente al mar, evitando los pasados riesgos de su influencia en las avenidas, dada la escasa altitud de estos terrenos (Martín Ribes, 1984).

Después de esta política de rectificación del cauce donde se han producido importantes cambios en su dinámica fluvial, la onda de marea ha sido alterada sensiblemente, aumentando su amplitud y velocidad, y confinándose fundamentalmente en el curso del Guadalquivir (Vanney, 1970).

Esto se debe a una concentración progresiva de la energía, por sobre elevación artificial de los márgenes del cauce (muros) o antiguos levés y por la pérdida parcial de corriente mareal en los Brazos del Este y de la Torre, con el 1% y 14% respectivamente del caudal mareal. Estos muros que antiguamente aislaban la marisma de las crecidas del río Guadalquivir, impidiendo todo desbordamiento, habían quedado prácticamente destruidos por los fenómenos de erosión desencadenados por el oleaje que provocaba el tránsito de grandes barcos. En el año 1984 se puso en marcha el Plan de Regeneración Hídrica de Doñana dentro del cual estaba como una de las actuaciones principales la restauración de la Montaña del Río (Bayán, 2005).

El estuario del Guadalquivir es uno de los más cortos y con menor pendiente de la costa atlántica, 0.12 m/km de media entre Sevilla y la desembocadura. Este fenómeno es el responsable del trazado desorganizado e inestable del Bajo Guadalquivir, así como de que los materiales transportados en suspensión sean limos (Fernández-Delgado *et al.*, 2000).

La desembocadura, denominada Broa de Sanlúcar, posee forma de embudo y es muy estrecha. Esta zona ha sufrido a lo largo del tiempo, un continuo estrechamiento por la progresión del cordón litoral hacia el sur. De forma similar, la profundidad disminuye progresivamente por el depósito de arenas en la orilla izquierda de la desembocadura. Aunque la zona es dragada cada cierto tiempo para facilitar la navegación, la estrechez y la falta de profundidad de la Broa tienen como consecuencia la restricción del volumen de agua marina que penetra en el estuario con la marea y el frenado de la salida del agua dulce en las crecidas del río.

A diferencia de lo que ocurre en la mayoría de los grandes estuarios europeos, en el estuario del Guadalquivir, la salinidad no progresa dibujando un frente inclinado de isohalinas sino que éstas son, a lo largo de todo el año, más bien verticales, produciéndose una zonación longitudinal del río, en la que el agua dulce permanece separada del agua salada por un tapón de agua salobre, a ello contribuyen las irregularidades del cauce (elevaciones y descensos del fondo) y la elevada turbidez del agua que propician la mezcla vertical del agua (Fernández-Delgado *et al.*, 2000).

En general, el régimen del Bajo Guadalquivir está caracterizado por un caudal irregular, débil la mayor parte del año, pero extremadamente alto en las épocas de máximas precipitaciones. Su caudal anual normal presenta un régimen unimodal con un máximo en febrero-marzo y una media anual a la altura de Sevilla de  $185 \text{ m}^3/\text{s}$  y un coeficiente de descarga muy elevado, incluso más que el Danubio, Ródano o Dnieper (Vannéy, 1970). No obstante, los caudales difieren mucho según el régimen de precipitaciones, la marea y la necesidad de riego de los cultivos que se sitúan a ambos lados del cauce.

El clima de la zona es de tipo mediterráneo con influencia oceánica (Vannéy, 1970) estando entre sus características la alternancia de una estación seca (junio-septiembre) y otra húmeda (octubre-mayo). No obstante, las precipitaciones son escasas y muy irregulares, tanto entre años como entre estaciones. Las fuertes lluvias a lo largo del año se concentran en unos pocos meses, con dos máximos, uno al principio del invierno (diciembre-enero) y otro el más importante en marzo, con un punto de inflexión en febrero. Dos regiones son las responsables de intervenir en estas fuertes crecidas, las montañas de Cazorla al principio del invierno y las béticas al final (Vannéy, 1970).

La media anual de precipitaciones es de 553 mm, con mínimos de 200 mm/año y máximos de 1100 mm/año (Amat, 1980).

La eficacia pluvial y el nivel de las aguas están bajo la dependencia indirecta de otros factores bioclimáticos, la evaporación es dos o tres veces superior a la media anual de lluvias, los vientos de notable influencia oceánica elevan los niveles de la marea y extienden su zona de expansión. (Vannéy, 1970). En general, durante la primavera y el verano dominan las brisas de componente SO y O; y

durante otoño-invierno los vientos son bastante variables tanto en dirección como en intensidad, destacando, a veces, los fuertes vientos de levante (E) (Tenajas, 1984).

En el transcurso de las crecidas el papel de los vientos del suroeste son particularmente notables en la formación de contracorrientes locales e intermitentes que alcanzan la velocidad de 1 m/seg, se forman entonces torbellinos que retardan la bajada de la marea, y perturban el drenaje del estuario por disminución de la pendiente del plano del agua, por el contrario, los vientos del norte y levante disminuyen el ascenso mareal (Rodríguez-Ramírez y Clemente, 2002).

El estuario se encuentra en la isolínea de 1783 Kw/m<sup>2</sup>/año (Coll, 1983), lo que supone una radiación solar muy elevada con más de 3000 horas de sol/año (FAO, 1972). La temperatura media anual es también elevada, próxima a los 20 °C, siendo julio y agosto los meses más calurosos (medias máximas de 30 °C), y enero y diciembre los más fríos (medias mínimas de 4 °C).

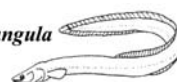
### ***Estaciones de muestreo.***

Tres factores se han tenido en cuenta a la hora de seleccionar los puntos de muestreo: equidistancia próxima al recorrido de la marea (10 Km), distribución espacial homogénea y accesibilidad.

Todas las pescas se realizaron en la margen izquierda del río, de más fácil acceso, y en 5 localidades (Figura 1) que se describen a continuación:

#### **Estación E1, La Horcada** (UTM: X=225804, Y=4107720; ED1950, huso 30)

Situada a 50 Km de la desembocadura, en el término municipal de Lebrija (Sevilla). La anchura aproximada del río es de unos 500 m y su profundidad máxima de 9 m. La morfología de las orillas se caracteriza por presentar escalones de bastante altura (hasta dos metros) dispuestos en *dientes de sierra*. Esto es debido al fuerte proceso erosivo al que están sometidas, fundamentalmente por el efecto de las mareas y el oleaje provocado por el tráfico marítimo. Existen protecciones para evitar la erosión (palizada paralela a la orilla rellena de neumáticos) cuya efectividad es más bien baja (García-González, 2005). La morfología del lecho es de tipo limoso. La vegetación de orilla es escasa destacando eucaliptos (*Eucalyptus* sp.), carrizos (*Phragmites australis*) y cañas (*Arundo donax*).



**Estación E2, La Mata** (UTM: X=219150, Y=4101799; ED1950, huso 30).

Ubicada a 40 Km de la desembocadura, en el término municipal de Lebrija (Sevilla). La anchura aproximada del río es de 300 m y su profundidad máxima 12 m. La morfología y la vegetación son similares a las de La Horcada (E1).

**Estación E3, Tarfía** (UTM: X=217296, Y=4095319; ED1950, huso 30).

A 32 km de la desembocadura, se sitúa en el término municipal de Lebrija (Sevilla), y en una zona en la que el río posee una anchura de 400 m y una profundidad máxima de 7 m. La morfología de las orillas presenta escalones de pequeña altura con escasas palizadas que están, además, muy deterioradas. El sustrato, aunque dominan los limos, posee importantes cantidades de arena. La vegetación riparia esta compuesta por eucaliptos, cañas y carrizos.

**Estación E4, La Esparraguera** (UTM: X=208839, Y=4089314; ED1950, huso 30N).

A unos 20 km de la desembocadura, en el término municipal de Trebujena (Cádiz), y en una zona en la que la anchura del río está en torno a los 500 m y la profundidad máxima a los 18 m. El lecho es fundamentalmente arenoso en el centro (canal), aumentando la fracción de fangos a medida que nos aproximamos a la orilla. En la vegetación riparia domina el carrizo.

**Estación E5, Bonanza** (UTM: X=201676, Y=4085845; ED1950, huso 30).

A unos 8 km de la desembocadura, en el término municipal de Sanlúcar de Barrameda (Cádiz), y en una zona en la que la anchura del río es de unos 600 m y su profundidad máxima de 11 m. El sustrato y la vegetación son de similares características a las de La Esparraguera, aunque con más vegetación y de mayor diversidad.

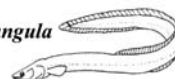


## Material y métodos.

Los muestreos se llevaron a cabo en luna nueva, de esta manera las horas de pesca eran prácticamente coincidentes durante todos los meses. La selección de esta fase lunar se debió tanto a su coincidencia con las mareas vivas, muy favorables para el método de pesca empleado (pasivo y contracorriente), como a que es la fase lunar que lumínicamente muestra mayor contraste día/noche. También está comprobada una relación directa entre esta fase lunar y una mayor actividad de los organismos acuáticos, especialmente los peces (Luecke y Wurtsbaugh, 1993; Contor y Griffith, 1995; Gaudreau y Boisclair, 2000 y DeVries *et al.*, 2004 entre otros).

Las capturas se realizaron desde un pequeño barco tipo “angulero-camaronero” (Figura 2) equipado con el denominado arte de “persiana” y red “mosquitera”. La embarcación, de 9,5 m de eslora, 3 m de manga y 1,75 m de puntal, estaba provista de un motor diesel para sus desplazamientos. El arte de pesca se ubica en la popa, consta de dos barras de hierro de 12 m de longitud (“varas”), paralelas entre sí y perpendiculares al eje del barco, sobre las cuales se fija la parte superior e inferior de los copos de pesca. Su funcionamiento se realiza a través de una polea, que baja las “varas” junto a los copos, de forma que la superior queda justo debajo de la superficie del agua y la inferior a 3 m de profundidad, quedando así los tres copos abiertos y filtrando la columna de agua, en movimiento por la marea, contracorriente. Los copos, de forma troncocónica, medían 2,25 x 3,00 m de lado y 10 m de largo, y estaban provistos de una red tipo “mosquitera”; es decir, un paño de plástico calado (poliamida) con una luz de malla de 1 mm (Figura 3).

Cada pesca comenzaba con el barco anclado de proa y enfrente a la marea (creciente o vaciante), bajaba las “varas” mediante la polea, quedando los copos abiertos bajo el agua. La pesca es pasiva, el barco permanece inmóvil y es la corriente la que arrastra los organismos acuáticos hacia el interior de los copos, donde quedan retenidos por la red. Transcurrido el tiempo de pesca (2 horas), la “vara” inferior era izada, de manera que los copos se cerraban y subían a cubierta con ayuda de los cabos. El total de la captura se vertía sobre un contenedor aforado y se estimaba su volumen, extrayendo una submuestra de 13 litros o el total de la captura si era inferior a esa cantidad.





**Figura 2.** Barco utilizado en los muestreos. Marco superior izquierdo esquema del funcionamiento del arte de pesca. Marco inferior derecha detalle de la red mosquitera.



**Figura 3.** Secuencia de imágenes que describen el procesado in situ de las muestras

En cada punto de muestreo, el barco permanecía 24 horas, obteniéndose cuatro muestras, correspondientes a las dos mareas crecientes (diurna/nocturna) y a las dos vaciantes (diurna/nocturna) de cada día. En cada marea, se pescó durante las dos primeras horas posteriores a que el agua empezara a moverse; es decir, durante “la repunta”, que corresponde al periodo en el que se produce un mayor desplazamiento de organismos acuáticos (Drake *et al.*, 2007).

Al comienzo de cada pesca, se tomaron datos de velocidad de la corriente (flujómetro HYDRO-BIOS® 430 110), salinidad (refractómetro ATAGO® S/MILL), temperatura del agua, turbidez (turbidímetro HANNA® HI 93703) y parámetros meteorológicos básicos (nublado, soleado, con viento, lluvia, etc.). Una vez realizadas las cuatro pescas de una estación, el barco se trasladaba, aguas abajo, a la siguiente para comenzar un nuevo ciclo de muestreo.



Las muestras se conservaban en formol neutralizado al 3-4% y convenientemente etiquetadas se trasladaban al laboratorio, para su estudio (Figura 3). Una vez allí, cada muestra se vertía sobre una columna de dos tamices, de 5 mm y 0,5 mm de luz de malla (superior e inferior, respectivamente), y se limpiaba con agua a presión. El volumen total retenido en cada uno de los tamices fue estimado y sendas submuestras conservadas. En el tamiz superior (5 mm de luz de malla), donde quedaban retenidos los individuos de mayor tamaño, el volumen de la submuestra conservada fue de dos litros. Era en este tamiz donde quedaban retenidas la mayoría de las angulas analizadas. En el tamiz inferior (0,5 mm de luz de malla), donde se retenían los individuos más pequeños, el volumen de muestra conservado fue de 0,5 litros. Ambas submuestras se conservaban en formol neutralizado nuevo y almacenaban hasta su posterior y definitivo análisis que nunca superó los 30 días. El número de angulas de cada submuestra fue multiplicado por factores de corrección (correspondientes a los sucesivos submuestreos en barco y laboratorio) para estimar el número de las angulas de ese tamaño capturados en el volumen total recogido por los copos.

A partir de los datos de velocidad de la corriente, tiempo de pesca y superficie de la apertura del arte de pesca, se estimó el volumen de agua filtrado en cada pesca. Con el número total de angulas capturadas en el total de la muestra, el tiempo de pesca y el volumen de agua que pasa a través del arte de pesca se estimó la densidad como número de individuos por unidad de volumen de agua filtrado ( $10^{-5} \text{ m}^{-3}$ ).

Durante los dos primeros años de muestreo (1997-1998) se tomaron alícuotas de angulas, o el total si el número era bajo, a las que se midió su longitud total (Lt, mm) y peso (mg). Posteriormente se clasificaron según el grado de pigmentación al que pertenecían (ver capítulos III y IV).

## 2.1. Bibliografía.

- Amat, J. A. (1980). *Biología y Ecología de la comunidad de patos del Parque Nacional de Doñana*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. Sevilla.
- Bayán, B. (2005). Los caminos del agua en la Marisma: los cambios en la red hidrológica. En *Doñana Agua y Biosfera*. Doñana 2005, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Ministerio de Medio Ambiente.
- Coll, J. (1983). *Acuicultura Marina Animal*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid..
- Contor, C. R. and J. S. Griffith (1995). Nocturnal emergence of juvenile rainbow trout from winter concealment relative to light intensity. *Hydrobiologia* 299, 179–183.
- Del Moral, L. (1991). La obra hidráulica en la cuenca baja del Guadalquivir (siglos XVIII-XX). Gestión del agua y organización del territorio. Ed. Consejería de Obras Publicas y Transportes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Universidad de Sevilla.
- DeVries, P., F. Goetz, K. Fresh and D. Seiler (2004). Evidence of a lunar gravitation cue on timing of estuarine entry by Pacific Salmon smolts. *Transactions of the American Fisheries Society* 133, 1379–1395.
- Drake P., A Borlán., E. González-Ortegón, F. Baldó, C. Vilas and C. Fernández-Delgado (2007). Spatio-temporal distribution of early life stages of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* L. within a European temperate estuary with regulated freshwater inflow: effects of environmental variables. *Journal of Fish Biology* 70 (6), 1689–1709.
- FAO (1972). *Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir. Anteproyecto de transformación en regadío de la zona Almonte-Marismas (margen derecho)*. Informe Técnico1, AGL:SF/SPA 16. Roma.
- Fernández-Delgado, C., A. Arias, D. García-González y P. Drake (2000). *Peces de Doñana y su entorno*. Serie Técnica. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Fernández-Delgado, C. (2001). Estado de Conservación de las Comunidades de Peces del Estuario del Guadalquivir. En *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España*. C.S.I.C. Ministerio de Medio Ambiente.
- García-Otero, J. (1847). *Reconocimiento del río Guadalquivir entre Córdoba y Sevilla verificado en los años 1842 y 1844 por órdenes del Ministerio de la Gobernación de la Península*. Madrid.
- Gaudreau, N. and D. Boisclair (2000). Influence of moon phase on acoustic estimates of the abundance of fish performing daily horizontal migration in a small oligotrophic lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 57, 581–590.
- González-Arteaga, J. (1993). *Las Marismas del Guadalquivir: etapas de su aprovechamiento económico*. Ed. C.P. Antonio Cuevas y Excmo. Ayuntamiento de la Puebla del Río.

- Luecke, C. and W. A. Wurtsbaugh (1993). Effects of moonlight and daylight on hydroacoustic estimates of pelagic fish abundance. *Transactions of the American Fisheries Society* 122, 112–120.
- Manntenau, L. y J. R. Vanney (1985). El cauce del Bajo Guadalquivir: Morfología, hidrología y evolución histórica. En *El Río. El Bajo Guadalquivir*. Ed. Equipo 28. Sevilla.
- Martín Ribes, J., J. M. Casado Raigón y C. Fernández-Martos y Bermúdez-Cañete, (1984). *El Guadalquivir: recorrido gráfico del río*. Asociación de Amigos de Córdoba.
- Rodríguez-Ramírez, A. (1996). *Geomorfología continental y submarina del Golfo de Cádiz (Guadiana-Guadalquivir), durante el Cuaternario reciente*. Tesis Doctoral. Universidad de Huelva.
- Rodríguez- Ramírez, A. (1998). *Geomorfología del Parque Nacional y su Entorno*. Ed: Organismo Autónomo de Parques Nacionales.
- Rodríguez-Ramírez, A. y L. Clemente (2002). Hidrología Superficial. En *Parque Nacional de Doñana* Vicente García Canseco (Coord.) pags: 57-68. Canseco Editores. Talavera de la Reina. Toledo.
- Tenajas, J. (1984). *Contribución a la hidrogeología e hidroquímica de las Marismas del P.N. de Doñana con aplicación del análisis de imágenes Landsat*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Geología. Universidad Complutense, Madrid.
- Vanney, J. R. (1970). *L'hydrologie du Bas Guadalquivir*. Madrid, Publicaciones del Departamento de Geografía Aplicada. C.S.I.C.



# CAPÍTULO III

---

**Biología de la migración anádroma de la angula (*Anguilla anguilla* L., 1758) en el estuario del río Guadalquivir: abundancia y crecimiento.**





### **3.1. Introducción.**

La Anguila europea *Anguilla anguilla* (L., 1758) es una especie migradora anfibalina que se reproduce en el mar de los Sargazos (22°-30° N; 48°-65° W), a unos 5000 Km de las costas europeas (Schmidt, 1909; Kleckner *et al.*, 1983). Desde aquí su larva, llamada leptocéfalo, ayudada por las corrientes oceánicas del Golfo, llega a las costas europeas y norteafricanas. Entonces sufre una metamorfosis, deja de alimentarse y se transforma en angula transparente, dando comienzo a la fase anádroma de su ciclo vital que es cuando coloniza los hábitats costeros, estuáricos y fluviales utilizando el transporte selectivo mareal (Creutzberg, 1958; McCleave y Kleckner, 1982; McCleave y Wippeelhauser, 1987).

A pesar de ser una especie generalista de elevada plasticidad ecológica y gran adaptabilidad ambiental (Tesch 1977, 2003; Helfman *et al.*, 1987), en los últimos 25 años su reclutamiento en Europa ha descendido en más de un 95% (Moriarty, 1986 y 1987; Lecomte-Finiger y Brusle, 1984; Moriarty y Dekker, 1997; Dekker, 2003; ICES, 2007). La destrucción, fragmentación y degradación del ecosistema fluvial, junto con la sobrepesca y el cambio climático, han sido argumentados como causas fundamentales de este drástico declive (ICES, 2005, 2006 y 2007). Su estado de conservación es tan delicado que la Unión Europea ha dictado una legislación específica para proteger la especie que ha entrado en vigor a partir de enero de 2009 [Reglamento (CE) No 1100/2007 del Consejo de 18 de septiembre de 2007; Diario Oficial de la Unión Europea de 22.9.2007].

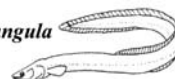
Desarrollar medidas eficaces para la conservación de una especie implica conocer los parámetros básicos de su biología, ecología y problemática en la zona en cuestión (Groom *et al.*, 2005). En este trabajo se presenta la primera aproximación sobre la biología y ecología de la migración anádroma de la especie en el estuario del Guadalquivir; en concreto, se analizan los cambios espacio-temporales experimentados durante dos ciclos anuales completos en la densidad relativa, masa, talla y condición somática de las angulas de este estuario. Un área que puede aportar datos de elevado interés para la especie al estar situada en el límite más meridional de su distribución en Europa y que paradójicamente se encuentra escasamente

estudiada (Gandolfi, 1924; Fernández-Delgado, 1987; Fernández-Delgado *et al.*, 1989; Arias y Drake; 1985). Aquí, además, se desarrolla una importante pesquería no regulada de la angula que ejerce un fuerte impacto sobre la zona de cría y engorde de numerosas especies comerciales (Fernández-Delgado *et al.*, 2000; Sobrino *et al.*, 2005; presente Tesis Doctoral). Por lo tanto, para llevar a cabo una gestión y conservación eficaz de esta población, se hace necesario conocer sus parámetros biológicos básicos.

### ***Objetivos.***

El estudio presentado en este capítulo se centra en aportar datos sobre la biología del crecimiento y características biométricas de la angula (*A. anguilla*) en su migración anádromo en el estuario del río Guadalquivir. Se presenta una información contrastable sobre los parámetros descriptores del crecimiento en un *stock* durante un periodo continuo de 2 años, y es el primer trabajo sobre su biología en el área más meridional y occidental de su presencia en Europa. En este contexto, los objetivos planteados en el presente capítulo fueron:

- (1) Analizar su patrón temporal y espacial de abundancia en términos de densidad.
- (2) Determinar la dinámica temporal y espacial de la talla y masa de los individuos presentes en el estuario.
- (3) El estudio de la dinámica temporal y espacial en la condición somática de los individuos de los individuos capturados, como índice para cuantificar el estatus de bienestar y concretar sobre su reclutamiento.



### **3.2. Material y métodos.**

El estudio se llevó a cabo en cinco estaciones de muestreo localizadas en los últimos 50 km del cauce principal del Río Guadalquivir. En total se realizaron 24 muestreos por estación con periodicidad mensual entre junio de 1997 y abril de 1999 (ver Capítulo II para la localización geográfica, descripción de las estaciones y método de captura). Paralelamente a las capturas de angulas se tomaron la siguientes variables fisico-químicas del agua: velocidad de la corriente (flujómetro HYDRO-BIOS® 430 110), salinidad (refractómetro ATAGO® S/MILL), temperatura del agua (termómetro digital HANNA® HI-145 ) y turbidez (turbidímetro HANNA® HI 93703). Además, se ha utilizado la información disponible sobre el caudal mensual medio ( $\text{m}^3$ ) del Río Guadalquivir obtenido en la estación de aforos de Alcalá del Río ([www.chguadalquivir.es](http://www.chguadalquivir.es)), y las precipitaciones ( $\text{l/m}^2$ ) estimadas en la estación meteorológica de El Palacio (Parque Nacional de Doñana).

A partir de los datos de velocidad de la corriente, tiempo de pesca y superficie de captura del arte de pesca, se estimó el volumen de agua filtrado en cada pesca y se utilizó para estandarizar el número de individuos capturados por muestreo (abundancia relativa =  $\text{individuos}/10^5 \text{ m}^3$ ) (más detalles en el Capítulo II).

Los cambios estacionales y anuales en la abundancia relativa fueron analizados estadísticamente mediante modelos univariantes de la varianza (ANOVAs) y utilizando como test a posteriori de comparación múltiple de medias el de Tukey-Kramer (Wilkinson *et al.*, 1996). La variable abundancia fue transformada logarítmicamente antes del análisis para homogeneizar y normalizar su varianza.

La tasa de cambio en longitud y masa es clave en el estudio de la biología de peces (Anderson y Gutreuter, 1983). Los cambios estacionales y espaciales en las variables longitud ( $L_T$ , mm) y masa ( $M_T$ , g) de las angulas fueron también analizados mediante modelos univariantes de varianza (ANOVAs) comparando las medias a posteriori con la prueba de Tukey-Kramer (Wilkinson *et al.*, 1996); previamente, ambas variables fueron transformadas logarítmicamente para homogeneizar y normalizar sus varianzas. Además, para analizar la evolución de la longitud y la masa a lo largo del periodo de máximo reclutamiento se realizaron análisis de regresión

simple con el tiempo transcurrido como variable independiente. Para estos últimos análisis se utilizaron los individuos del estado de maduración  $V_B$  según las distintas fases de desarrollo descritas por Elie *et al.* (1982) y Grellier *et al.* (1991) (más detalles en el Capítulo IV). Con ello se eliminó la variabilidad ligada al tiempo de residencia de las angulas en el estuario (Pyper y Peterman, 1998) y se minimizó la influencia de las variables ambientales locales sobre su fisiología y comportamiento (Desaunay y Guerault, 1997).

La Condición somática es uno de los indicadores más comunes del estado de salud (fitness) individual y poblacional en estudios enfocados en la gestión de peces (Pope y Willis 1996; Matthews, 1998; Wootton, 1998). El análisis espacio-temporal de la condición somática en las angulas objeto de estudio se llevó a cabo mediante modelos univariantes de covarianza (ANCOVAs) realizados con los requisitos metodológicos expuestos por García-Berthou y Moreno-Amich (1993). La transformación logarítmica de las variables  $L_T$  y  $M_T$  multiplicadas por  $10^2$  para evitar valores negativos fueron utilizadas como covariable y variable dependiente respectivamente. El objetivo del método es comparar los valores de la variable dependiente ( $M_T$ ) ajustados al efecto de la covariable ( $L_T$ ) y su interacción con el factor temporal (estacionalidad). Finalmente, los cambios temporales y espaciales en los valores de  $M_T$  ajustados (= valores pronóstico) como indicadores de la condición somática, se analizaron empleando modelos univariantes de varianza (ANOVAs) y con pruebas a posteriori de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey-Kramer) (Wilkinson *et al.*, 1996).

Los análisis estadísticos fueron realizados mediante el paquete estadístico SPSS® y la totalidad de valores promedios expuestos en el trabajo se presentan con los límites de confianza obtenidos al 95% (LC 95%).

### 3.3. Resultados.

#### *Medio abiótico y abundancia.*

La Temperatura del agua fue la única variable ambiental que mostró una tendencia estacional regular sin diferencias significativas (ANOVA,  $p > 0,05$ ) entre los ciclos anuales, día-noche o mareas (creciente o vaciante) (Figura 1). Su valor medio fue de  $19,2 \pm 0,49$  °C, con mínimos de 10,5 °C (diciembre y enero) y máximos de 27,1 °C (julio y agosto). Por el contrario, como cabía esperar de un ambiente estuárico, la salinidad fue uno de los parámetros que más variaciones presentó a lo largo del estudio, con valores que oscilaron entre 0,2 g/l (diciembre 97 y enero 98) y 11,5 g/l (abril 99). Los valores mínimos de salinidad coincidieron con un periodo de elevadas precipitaciones y caudal, mientras que los máximos valores se registraron cuando el caudal fue bajo y en ausencia de precipitaciones (Figura 1). En su conjunto, la salinidad promedio se presentó correlacionada con la precipitación y el caudal mensual (Tabla I) y su valor medio en el tramo de estuario estudiado fue de  $6,9 \pm 0,8$  g/l .

**Tabla I.** Tabla de correlaciones (Índices de Correlación de Spearman) entre las variables ambientales analizadas mensualmente a lo largo del periodo de estudio. (\*) Índices de correlación significativos con  $p < 0,05$ .

Environmental variables	Temperatura	Salinidad	Turbidez	Precipitación
Salinidad	0,09			
Turbidez	-0,76*	-0,05		
Precipitación	-0,64*	-0,46*	0,49*	
Caudal	0,13	-0,72*	-0,11	0,28

La turbidez media del estuario fue de  $73,5 \pm 6,6$  NTU, con considerables fluctuaciones mensuales que oscilaron entre 20,6 NTU (junio) y 244,3 NTU (noviembre). Se observó una correlación directa entre éste parámetro y la precipitación (Tabla I) y aunque no fue significativa con los desembalses de la cuenca medidos en la presa de Alcalá del Río (Sevilla) (Figura 1).

En lo relativo a la variación de abundancia de angulas, el valor promedio (individuos/ $10^5$  m<sup>3</sup>) del primer ciclo ( $87,4 \pm 18,83$ ) fue inferior al del segundo ( $92,0 \pm 18,70$ ), si bien, las diferencias no fueron estadísticamente significativas (ANOVA,  $p > 0,05$ ). Esta variable mostró una gran irregularidad a lo largo del periodo de estudio con diferencias significativas en las capturas mensuales ( $F_{24,484} = 14,25$ ;  $p < 0,001$ ) y estacionales ( $F_{8,21048} = 313,99$ ;  $p < 0,001$ ), aunque este fenómeno se tratará en profundidad en el Capítulo V (*Distribución espacio-temporal*).

La abundancia mensual se ha mostrado correlacionada de forma negativa con la temperatura del agua (Correlación de Spearman,  $r = -0,56$ ;  $p < 0,05$ ), y de forma positiva con las precipitaciones (Correlación de Spearman,  $r = 0,50$ ;  $p < 0,05$ ) y la turbidez (Correlación de Spearman,  $r = 0,53$ ;  $p < 0,05$ ).

En la Figura 1 podemos observar en el primer ciclo una clara relación entre el reclutamiento de angulas y la entrada de agua dulce al estuario (turbidez, precipitaciones y caudal), con mínimos en verano, momento a partir del cual las angulas comenzaron a entrar hasta alcanzar el máximo de abundancia en diciembre, coincidiendo con el máximo de precipitaciones y caudal. Esta máxima abundancia fue seguida por un descenso progresivo hasta alcanzar un mínimo en febrero, al que siguió un nuevo ascenso hasta llegar a un segundo máximo en abril, de menor intensidad que el primero. Posteriormente la abundancia comenzó a descender hasta alcanzar los valores mínimos de verano. En el segundo otoño, a diferencia del primero, no se detectó un brusco aumento en la entrada de angulas, sino que su abundancia fue incrementando paulatinamente; pero tampoco se observó un periodo claro de lluvias en esa época ni un aumento del caudal circulante por el río (Figura 1). Sin embargo, sí se percibió, y con mayor intensidad que el año anterior, el máximo primaveral de reclutamiento de angulas, quizás por acumulación de las que no entraron durante el invierno en la cercanía de la desembocadura del río (Figura 1).

Aunque el reclutamiento de angula en la zona de estudio abarca prácticamente todo el año, de acuerdo con la serie temporal disponible de casi diez

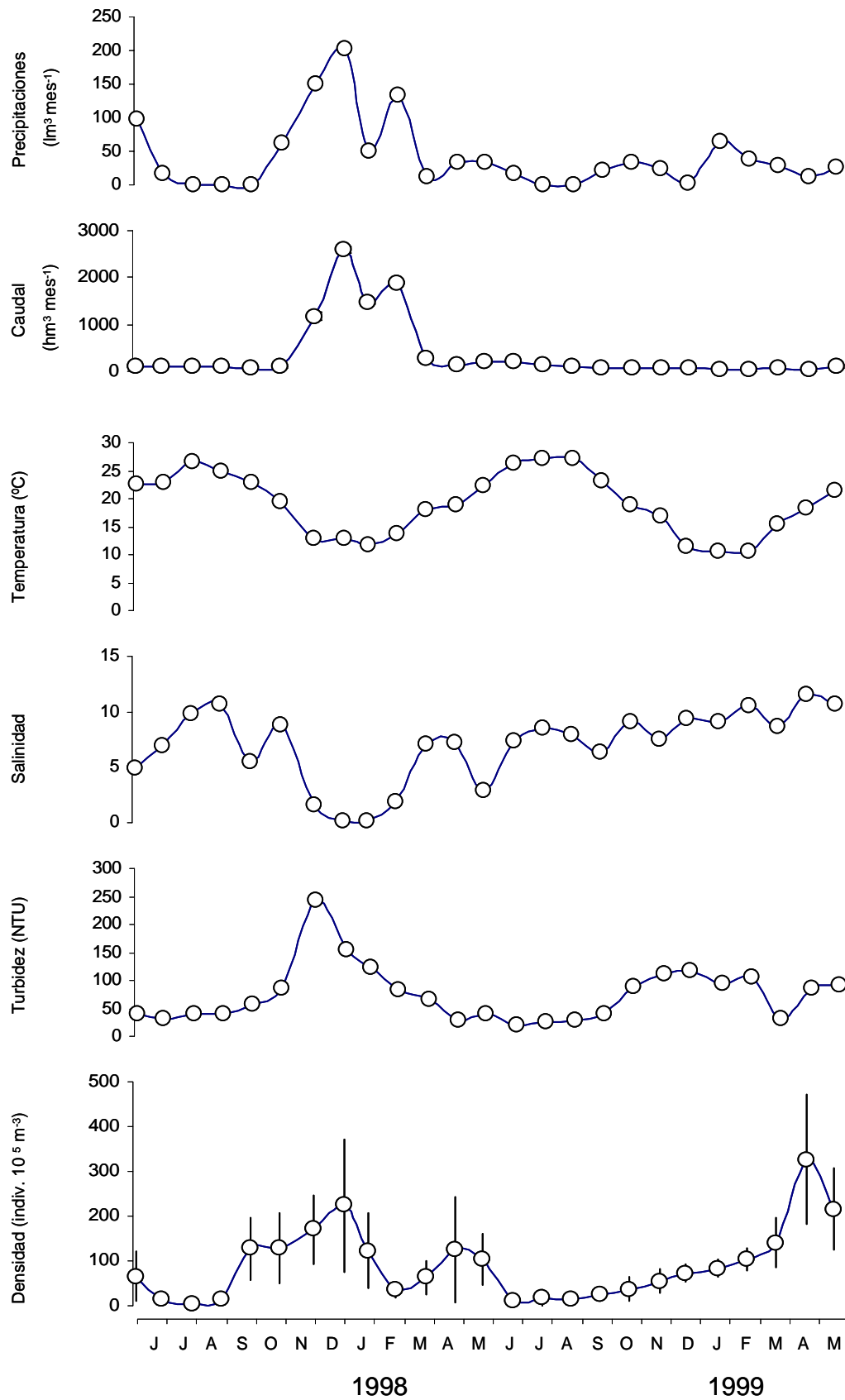
años en la zona (ver Capítulo V), el periodo de máximo reclutamiento para el estuario del Guadalquivir puede establecerse entre los meses de octubre y mayo, ambos inclusive. En el presente análisis bianual, la abundancia media ( $129,0 \pm 25,89$ ) durante el periodo de máximo reclutamiento del segundo ciclo (98-99) fue significativamente superior (ANOVA;  $F = 4,97$ ;  $p < 0,05$ ) a la del mismo periodo del primer ciclo (97-98) ( $117,5 \pm 25,01$ ).

### ***Talla y masa.***

La talla y masa de las angulas objeto de análisis presentaron unos patrones de variación temporal significativos tanto en sus variaciones mensuales ( $L_T$ :  $F_{23,21033} = 136,68$ ;  $p < 0,001$ ;  $M_T$ :  $F_{23,21033} = 362,79$ ;  $p < 0,001$ ) como estacionales ( $L_T$ :  $F_{8,21048} = 313,99$ ;  $p < 0,001$ ;  $M_T$ :  $F_{8,21048} = 575,44$ ;  $p < 0,001$ ). En los dos ciclos anuales considerados, la longitud media total de las angulas capturadas a lo largo del periodo de estudio mostró un claro patrón estacional (Figura 2). Los valores medios máximos de ambos años se dieron en otoño ( $66,4 \pm 0,23$  mm en octubre de 1997;  $66,0 \pm 0,28$  mm en octubre de 1998). A partir de estos valores, la longitud disminuyó progresivamente hasta alcanzar los mínimos al inicio de la primavera ( $62,3 \pm 0,45$  mm en marzo de 1998;  $62,3 \pm 0,16$  mm en Febrero de 1999), momento a partir del cual comenzó a ascender nuevamente hasta alcanzar la talla un segundo máximo al inicio del verano, aunque la talla media alcanzada en éste fue inferior a la del máximo otoñal (Figura 2). La masa siguió el mismo patrón, con máximos en otoño-invierno ( $0,28$  g  $\pm 0,001$  en octubre de 1997;  $0,28$  g  $\pm 0,004$  en octubre de 1998) y mínimos en primavera-verano ( $0,23$  g  $\pm 0,006$  en febrero de 1998;  $0,21$  g  $\pm 0,008$  en marzo de 1999) (Figura 2).

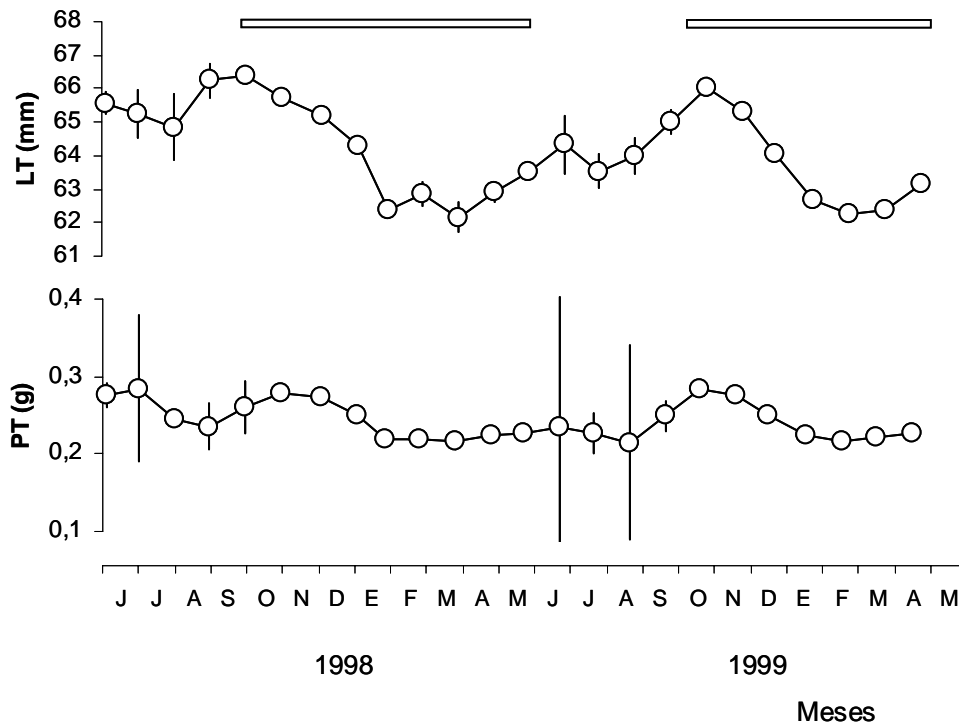
Tanto la talla como la masa promedio mostraron mayor variación en los meses de menor reclutamiento, más acusada en el caso del peso o masa (Figura 2). Este aspecto puede estar relacionado con la disminución de la entrada en el estuario de importantes *stocks* de angulas correspondientes a la misma cohorte, que junto al crecimiento y la mayor tasa de migración río arriba de las presentes en el estuario provocaría que los valores promedios presenten unas desviaciones típicas mucho más elevadas.





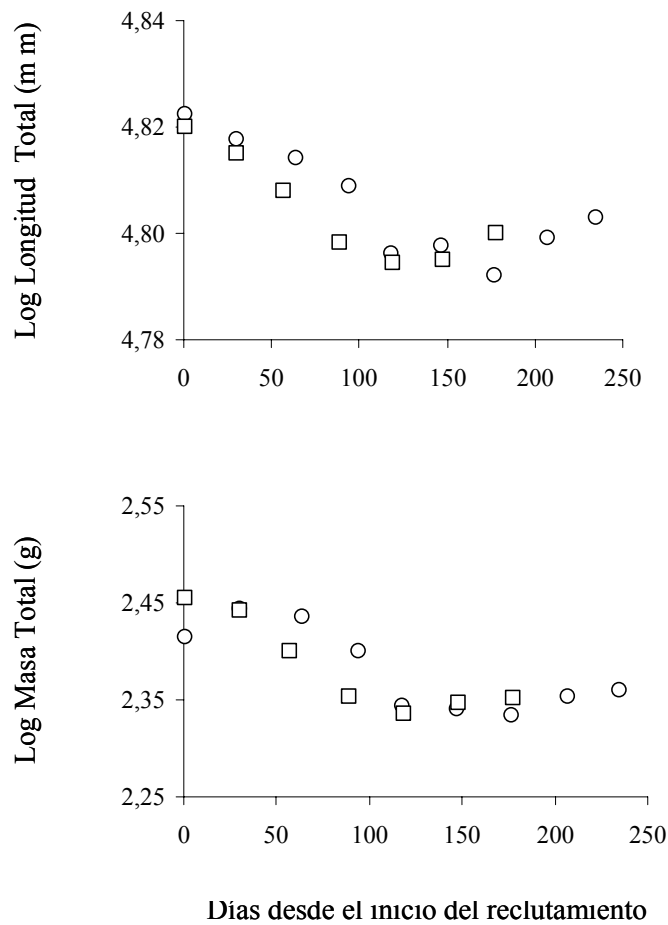
**Figura 1.** Evolución mensual de diversas variables ambientales y de la abundancia media ( $\pm$  LC 95%) de angulas capturadas a lo largo del periodo de estudio.





**Figura 2.** Evolución mensual de la longitud (LT) y la masa o peso total (PT) medias de las angulas capturadas a lo largo del periodo de estudio. Las barras horizontales superiores indican el periodo de máximo reclutamiento.

La Figura 3 muestra las tallas y masas medias mensuales durante los dos periodos de máximo reclutamiento, considerando como tiempo 0 el momento en que las angulas mostraron un mayor tamaño en cada año. La disminución de la longitud total y la masa conforme avanzó el periodo de máximo reclutamiento fue estadísticamente significativa (regresiones con  $b < 0$ , es decir, pendiente negativa) tanto en el primer ciclo 1997- 98 ( $L_T$ :  $F_{(1,7041)} = 678,34$ ;  $p < 0,001$ ;  $M_T$ :  $F_{(1,7041)} = 1493,84$ ;  $p < 0,001$ ) como en el segundo 1998-99 ( $L_T$ :  $F_{(1,7829)} = 544,45$ ;  $p < 0,001$ ;  $M_T$ :  $F_{(1,7829)} = 884,76$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 3). La tasa máxima de pérdida en longitud y masa fue similar entre ambos ciclos, con un decremento máximo del 6,98 % en  $L_T$  en el periodo de máximo reclutamiento del primer ciclo y una pérdida máxima del 27,52 % en masa en el segundo ciclo (Figura 3).



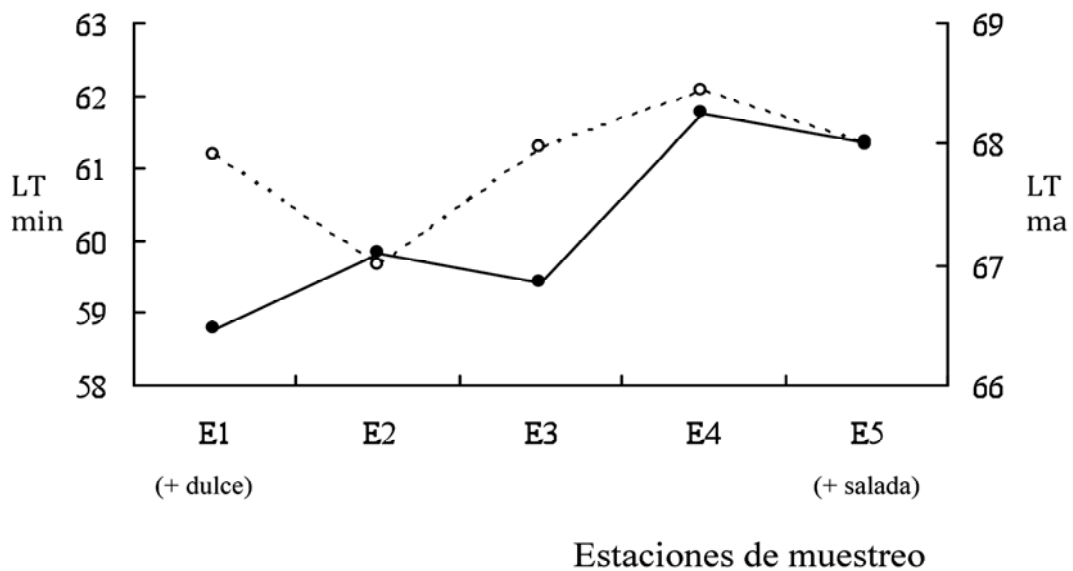
**Figura 3.** Evolución de las longitudes (arriba) y masas (abajo) medias de las angulas a lo largo del periodo de máximo reclutamiento en el Estuario del Guadalquivir para los ciclos 1997-98 (○) y 1998-99 (□).

La comparación para la totalidad de capturas de ambos ciclos completos mostró valores significativamente mayores tanto en longitud como masa en el primer ciclo (1997-98) (Tabla II). Este mismo patrón de comparación se obtuvo en la comparación de los datos correspondientes al periodo de máximo reclutamiento de ambos ciclos (Tabla II).

**Tabla II.** Longitud y masa total media de las angulas capturadas en los dos ciclos anuales considerados y en los periodos de máximo reclutamiento.

	<b>n</b>	<b>L<sub>T</sub> mm</b>	<b>ANOVA</b>	<b>M<sub>T</sub> g</b>	<b>ANOVA</b>
<b>Ciclo 1997-98</b>	10603	63,3 ± 0,07	F = 432,25	0,25 ± 0,008	F = 653,51
<b>Ciclo 1998-99</b>	10454	63,3 ± 0,06	p < 0,001	0,23 ± 0,009	p < 0,001
<b>Reclutamiento 1997-1998</b>	9996	64,2 ± 0,07	F=393,23	0,25 ± 0,001	F=557,41
<b>Reclutamiento 1998-1999</b>	9886	63,7 ± 0,07	p < 0,001	0,23 ± 0,001	p < 0,001

El patrón estacional observado en la talla de las angulas fue consistente en su variación espacial; es decir, en todas las estaciones de muestreo, los valores promedio máximos en longitud total se observaron en otoño, oscilando entre 66,5 ± 0,30 mm (E1) y 68,8 ± 0,15 mm (E4); mientras que los mínimos se detectaron a finales de invierno y principios de primavera, variando entre 59,7 ± 2,48 mm (E2) y 62,0 ± 1,13 mm (E4). A su vez, los valores medios en longitud tendieron a disminuir conforme las angulas se desplazaban aguas arriba, hacia el interior del río (Figuras 4 y 5).



**Figura 4.** Longitudes totales máximas (trazo continuo) y mínimas (trazo discontinuo) observadas en cada estación de muestreo a lo largo de los dos periodos considerados.

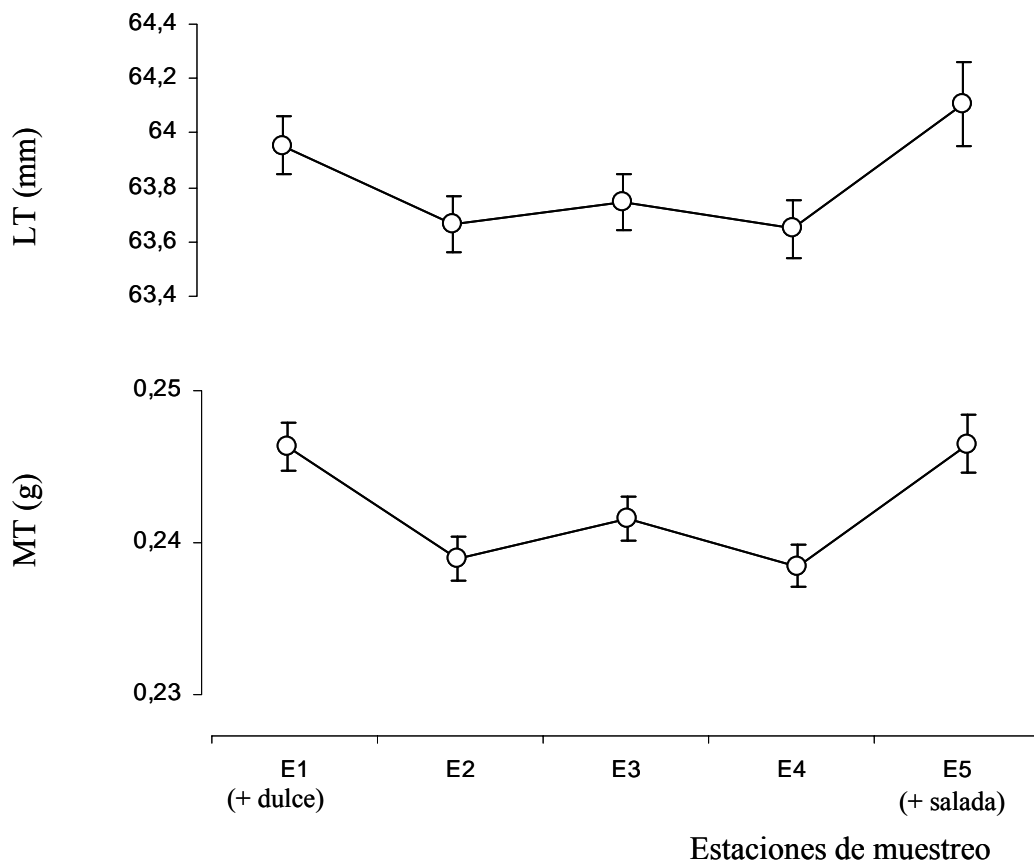
El análisis espacial de los valores de masa promedio mostró un patrón temporal similar a la longitud con máximos en otoño, oscilando entre  $0,27 \pm 0,007$  g (E4) y  $0,30 \pm 0,038$  g (E5), y mínimos a finales de invierno y principios de primavera, con valores entre  $0,18 \pm 0,011$  g (E5) y  $0,22 \pm 0,006$  g (E4).

En todas las estaciones de muestreo las longitudes y masas medias del primer ciclo fueron significativamente superiores a las del segundo (ANOVA;  $p < 0,001$ ), hecho ya observado en análisis previos para el estuario en su conjunto (Figura 2). Igualmente, se detectaron diferencias significativas (ANOVA;  $p < 0,001$ ) entre la longitud total y la masa de las angulas del periodo de máximo (octubre-mayo) y mínimo reclutamiento (junio-septiembre) en las estaciones de muestreo E1, E3 y E4. En E2 las diferencias fueron significativas ( $p < 0,001$ ) sólo para la longitud ( $M_T$ ,  $p = 0,730$ ), mientras que en E5 las diferencias no fueron significativas para ninguna de las dos variables ( $M_T$ ,  $p = 0,373$ ;  $L_T$ ,  $p = 0,758$ ), en probable relación con el bajo número de individuos capturados en esa estación.

La longitud total y la masa disminuyeron significativamente ( $p < 0,001$ ) en las cinco estaciones de muestreo durante el periodo de reclutamiento del primer ciclo (1997-98), mientras que en las del segundo (1998-99) el declive fue estadísticamente significativo (pendiente  $< 0$ ) sólo en las cuatro estaciones más interiores, pero no en E5, donde las diferencias no fueron significativas ni en la longitud ( $p = 0,743$ ) ni en la masa ( $p = 0,408$ ) de las angulas.

La tasas máximas de pérdida de longitud fueron más altas en el primer ciclo que en el segundo en todas las estaciones de muestreo excepto en E4, oscilando entre 6,10% y 10,26% para el primer ciclo y entre 4,28% y 8,08% en el segundo ciclo. Respecto a la pérdida de masa, ésta fue mayor en el primer ciclo, con oscilaciones entre 30,64% y 48,98 %, que en el segundo, en el que variaron entre 22,01% y 33,01%.

Con la totalidad de los datos se observaron diferencias espaciales estadísticamente significativas tanto en longitud ( $F_{(4,21056)} = 9,81$ ;  $p < 0,001$ ) como en masa ( $F_{(4,21056)} = 23,59$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 5). Además, ambas variables siguieron el mismo patrón espacial: las angulas más grandes y pesadas se capturaron a la entrada y en la zona más interna del estuario, mientras que las de las zonas medias fueron más pequeñas (Figura 5).



**Figura 5.** Longitud (mm) y masa total (g) medias ( $\pm 95\%$  LC) de las angulas capturadas durante el periodo de estudio en cada una de las estaciones de muestreo.

### **Condición somática.**

El primer paso en el análisis de la condición somática consistió en estimar los posibles efectos de la temporalidad sobre la relación entre las variables longitud total ( $L_T$ ) y masa total ( $M_T$ ) con la totalidad de los ejemplares. La temporalidad fue catalogada como factor fijo y se trabajó a 3 escalas: ciclo de captura (ciclo 1 y ciclo 2), periodo de reclutamiento (Reclutamiento máximo octubre-mayo y mínimo junio-septiembre) y estación (Verano, Otoño, Primavera, Invierno) (Tabla III).

**Tabla III.** Coeficientes obtenidos en los análisis de regresión entre la longitud total ( $L_T$ ) y masa total ( $M_T$ ) de los individuos agrupados en función del ciclo anual, periodo de reclutamiento máximo (octubre-mayo) o mínimo (junio-septiembre) y estación.

	<b>n</b>	<b><math>r^2_{adj}</math></b>	<b>Puntos de corte</b> <b>(a)</b>	<b>Pendientes</b> <b>(b)</b>	<b>F</b>
<b>Ciclo 1997-98</b>	10603	0,80	-11,72	2,94	42622,35
<b>Ciclo 1998-99</b>	10454	0,54	-11,84	2,96	12438,55
<b>Reclutamiento máx.</b>	19882	0,68	-12,03	2,99	42403,21
<b>Reclutamiento mín.</b>	1175	0,34	-10,35	2,65	616,61
<b>Verano</b>	3860	0,57	-12,01	2,99	5123,89
<b>Otoño</b>	770	0,30	-9,54	2,47	325,82
<b>Invierno</b>	7116	0,66	-10,20	2,62	13945,27
<b>Primavera</b>	9311	0,68	-11,59	2,91	19414,00

En el primer ANCOVA realizado con el total de ejemplares, la interacción entre la covariable ( $L_T$ ) y el factor temporalidad resultó significativo ( $p < 0,05$ ) en las tres escalas de trabajo. Existieron, por tanto, diferencias significativas en las pendientes de la relación  $L_T$  -  $M_T$  en función de la temporalidad de muestreo. Para evitar el efecto de esta heterogeneidad sobre el indicador de condición, se realizó el análisis con una submuestra de los ejemplares correspondiente a los dos cuartiles centrales de la distribución de  $L_T$ , lo que se tradujo en trabajar con ejemplares en el rango de  $L_T$  60-66 mm. Esta selección de una submuestra de ejemplares de talla media obtenida de la muestra inicial para el estudio de la condición somática, se ha mostrado como una aproximación válida en otros trabajos realizados con la especie (Jessop, 1998).

De este modo, se realizó un segundo ANCOVA con la totalidad de ejemplares de 60 a 66 mm  $L_T$ . En este análisis la interacción entre la covariable ( $L_T$ ) y el factor temporalidad no resultó significativo ( $p > 0,05$ ) para ninguna de las tres escalas de trabajo. Aspecto que nos refleja una homogeneidad en las pendientes de la relación  $L_T$  -  $M_T$  en función de la temporalidad de muestreo (ciclo, reclutamiento, estación) (Tabla IV).

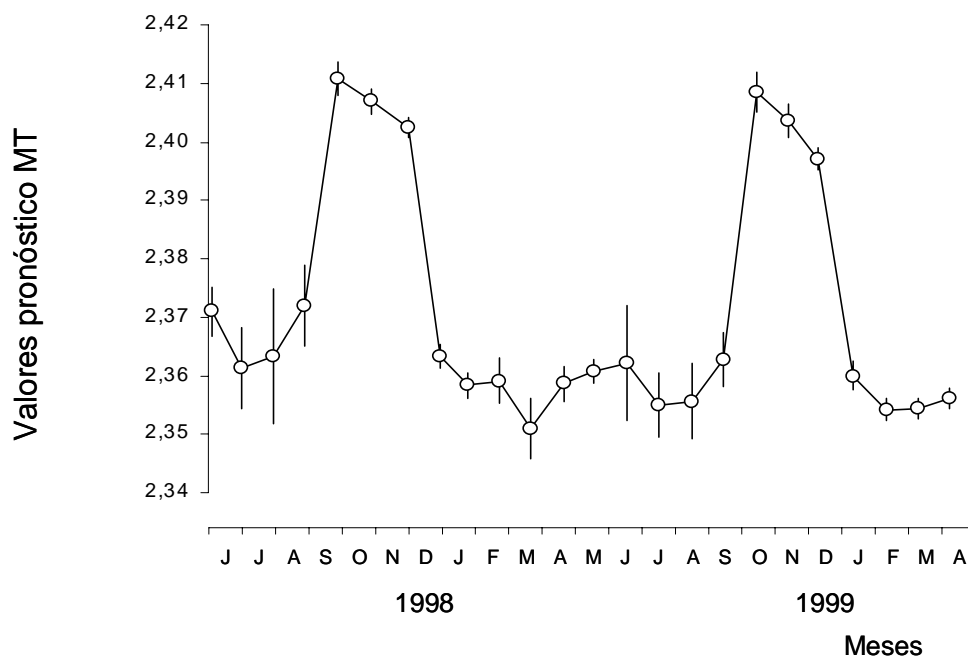
**Tabla IV.** Análisis de los efectos de la temporalidad sobre la relación  $L_T - M_T$  de los ejemplares procesados pertenecientes al rango 60-66 mm de  $L_T$ . (A: ciclo anual como factor; B: periodo de máximo reclutamiento como factor; C: estación del año como factor).

Test de interacción	ANCOVA		
	F	g.l.	p
A)			
Longitud total	431,91	(1,11590)	$p < 0,001$
Ciclo	2,20	(1,11590)	$p = 0,440$
Longitud total x Ciclo	2,22	(1,11590)	$p = 0,137$
B)			
Longitud total	449,01	(1,11590)	$p < 0,001$
Reclutamiento máx.	0,028	(1,11590)	$p = 0,868$
Longitud total x Reclutamiento máx.	0,026	(1,11590)	$p = 0,872$
C)			
Longitud total	874,66	(1,11590)	$p < 0,001$
Estación	2,32	(3,11590)	$p = 0,072$
Longitud total x Estación	2,20	(3,11590)	$p = 0,086$

En la Figura 6 se muestra la variación temporal de la condición somática en función de los valores promedios de la masa (transformación logarítmica) ajustados al efecto de la covariable (valores pronóstico  $M_T$ ) con la estacionalidad que, en concreto, corresponden con el indicador de condición seleccionado (valores pronóstico  $M_T = K$ ).

En los dos ciclos considerados, la condición media presentó un claro patrón estacional, con un único máximo en otoño (Ciclo 1997-98,  $K_{Oct} = 2,41 \pm 0,003$ ; Ciclo 1998-99,  $K_{Oct} = 2,40 \pm 0,003$ ) y valores más o menos estables el resto del año, muy por debajo de los máximos otoñales y mínimos al inicio de la primavera (Ciclo 1997-98,  $K_{Feb} = 2,35 \pm 0,005$ ; Ciclo 1998-99,  $K_{Mar} = 2,35 \pm 0,002$ ) (Figura 6). La condición media del primer ciclo ( $2,38 \pm 0,009$ ) fue significativamente superior (ANOVA;  $F = 199,83$ ;  $p < 0,001$ ) a la del segundo ciclo ( $2,37 \pm 0,009$ ).



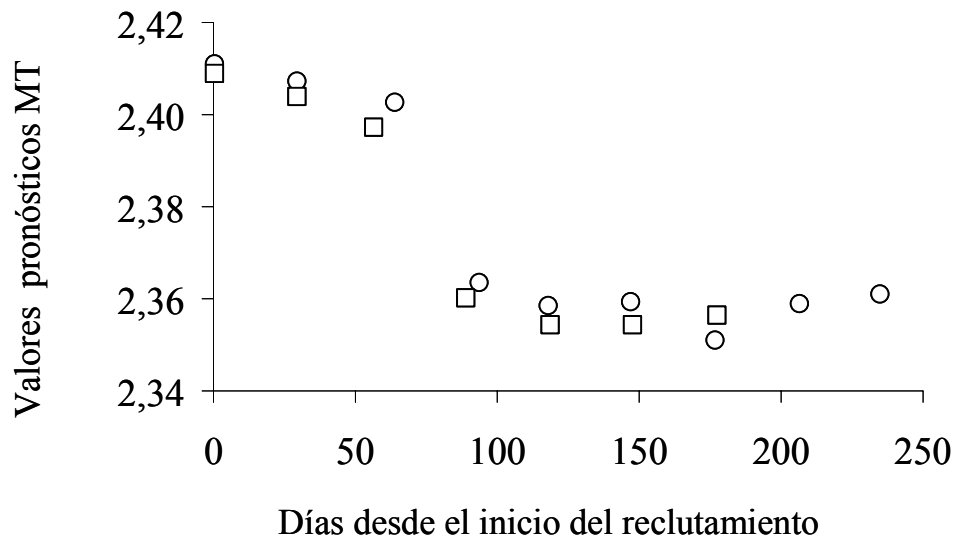


**Figura 6.** Evolución temporal de los valores pronósticos de  $M_T$  (valores medios  $\pm$  LC 95%) a lo largo del periodo de estudio.

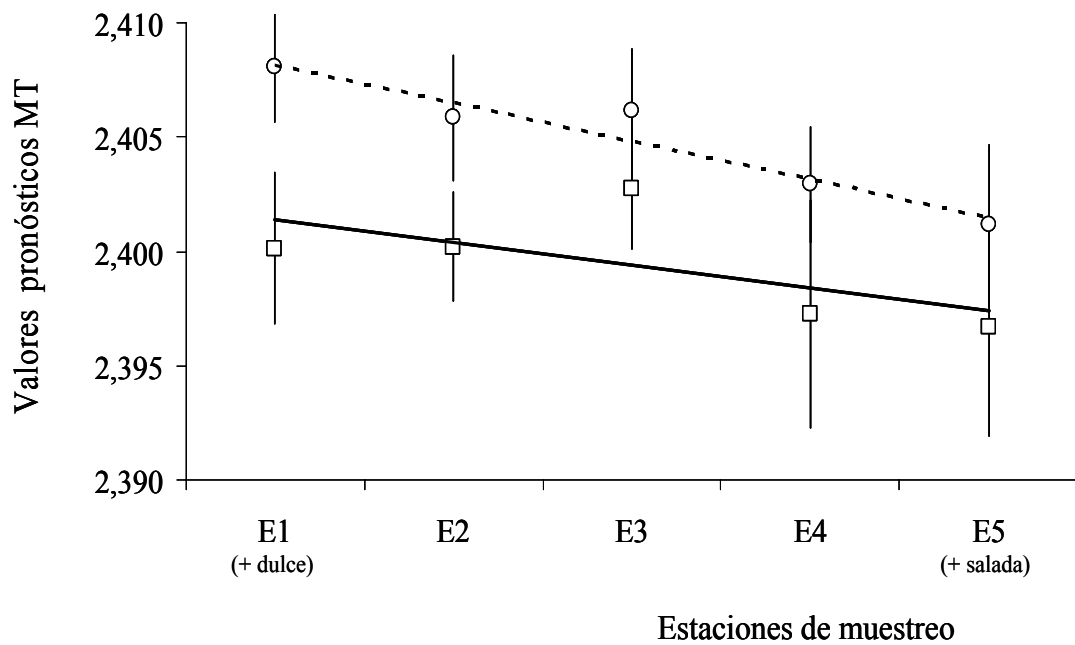
La condición disminuyó progresiva y significativamente (pendiente  $< 0$ ) conforme evolucionó el periodo de máximo reclutamiento (Figura 7), tanto en el primer ciclo ( $F_{1,5527} = 1495, 51$ ;  $p < 0,001$ ) como en el segundo ( $F_{1,6012} = 1758,47$ ;  $p < 0,001$ ), siendo la tasa de pérdida del primero (12,20%) inferior a la del segundo (12,75%). Así mismo, la condición media durante el periodo de máximo reclutamiento ( $2,37 \pm 0,007$ ) del primer ciclo fue significativamente superior ( $F_{1,11540} = 183,41$ ;  $p < 0,001$ ) a la del periodo de máximo reclutamiento del segundo ciclo ( $2,36 \pm 0,002$ ).

La dinámica temporal de la condición media en cada estación de muestreo fue la misma que la observada al agrupar todos los individuos, con valores máximos de 2,42 en E3 y mínimos de 2,34 en E2. Respecto a la variación espacial, los dos ciclos presentaron el mismo patrón: la condición media aumentó progresivamente, desde la estación E5 (más salada) hasta la E1 (más dulce) (Figura 8). No obstante este cambio únicamente fue significativo para el segundo ciclo (ANOVA;  $F = 2,51$ ;  $p < 0,05$ ).





**Figura 7.** Evolución de los valores medios pronósticos de  $M_T$  a lo largo del periodo de máximo reclutamiento en las angulas del Estuario del Guadalquivir para el ciclo 1997-98 ( $\circ$ ) y el 1998-99 ( $\square$ ) considerados en este estudio.



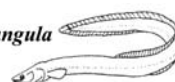
**Figura 8.** Valores pronósticos de  $M_T$  (valores medios  $\pm$  LC 95%) de las angulas capturadas durante el periodo de estudio en cada una de las estaciones de muestreo.  
 $\circ$ ..... ciclo 97-98,  $\square$  — ciclo 98-99.

### 3.4. Discusión.

El patrón de entrada de angulas al estuario del Guadalquivir durante el periodo de máximo reclutamiento varió durante los dos ciclos de estudio considerados. En el caso de los individuos jóvenes de la anguila, los máximos anuales de abundancia pueden fluctuar entre localidades y/o años principalmente debido a fenómenos ambientales locales, que pueden enmascarar la dinámica migratoria oceánica de la especie. Es decir, los factores ecológicos locales actúan simultáneamente y pueden amplificar, reducir, retardar o incluso anular la migración de la especie (Elie y Rochard, 1994), ya que las angulas, una vez alcanzan la costa en otoño-invierno, es probable que permanezcan allí hasta que las condiciones ambientales sean propicias para su entrada en los estuarios.

De este modo, las diferencias encontradas en este estudio, entre dos periodos de reclutamiento consecutivos en una misma localidad pero con características hidrográficas diferentes, son un buen ejemplo de la importancia de los factores locales en el patrón de entrada de la especie a los estuarios. En concreto, durante el primer ciclo de estudio, la densidad de angulas fue máxima en invierno, coincidiendo con un periodo de elevadas precipitaciones y caudal del río; mientras que en el segundo ciclo caracterizado por un otoño extremadamente seco, la máxima densidad de angulas ocurrió en primavera, tras las lluvias de finales de invierno y comienzos de primavera. Un máximo primaveral fue también observado en el primer año de estudio, si bien, su intensidad fue inferior al presente en otoño de igual modo que ha sido constatado en otros estuarios europeos (Cantrelle, 1984; Cicotti *et al.*, 1995; Lefebvre, 2003).

Estimas basadas en el retrocálculo de los otolitos de angulas apuntan a una intensidad reproductiva máxima de la especie en primavera (Lecomte-Finiger *et al.*, 1992; Mc Cleave, 1993). Teniendo en cuenta que la duración de la migración oceánica de las larvas desde la zona de puesta hasta la costa es de aproximadamente nueve meses (Lecomte-Finiger, 1992; Guerault *et al.*, 1992), el máximo de abundancia observado en el invierno del primer ciclo de estudio sería coincidente con la llegada de los reclutas nacidos durante el máximo de reproducción primaveral. No obstante, mientras que en el primer ciclo de reclutamiento las fuertes precipitaciones y desembalses de agua dulce desde la cuenca propició la entrada



temprana de las angulas al estuario, en el segundo éstas permanecieron fuera, concentrándose en la zona próxima a la costa, hasta que las lluvias primaverales y la consecuente turbidez de la pluma estuárica actuó como reclamo (ver Capítulo V). Por tanto, las conclusiones sobre los patrones migratorios de la especie, que son inferidas mediante la comparación de los patrones migratorios de entrada de angulas en distintos estuarios, deben ser consideradas con suma cautela, siendo únicamente fiables cuando se comparan datos de series temporales largas.

A pesar de la variación temporal aludida sobre el reclutamiento, éste se ha observado durante todo el año, al igual que en otros estuarios europeos de la costa atlántica (Guérault *et al.*, 1992; Lara, 1994; Bessa y Castro, 1995; Désaunay *et al.*, 1996; entre otros).

En ambos años de estudio, las tallas y masas de las angulas capturadas en el estuario del Guadalquivir fueron más elevadas al inicio del periodo de máximo reclutamiento, y disminuyeron progresivamente conforme éste avanzó. Esta disminución de tamaño y masa de las angulas jóvenes es un fenómeno observado tanto en la especie europea (Held y Held, 1929; Charlon y Blanc, 1982; Boëtius y Boëtius, 1989; Casamajor *et al.*, 2000) como en la americana (Hickman, 1981; Jessop, 1998). No obstante, las pérdidas de talla (entre 5,8 % y 6,6 %) y masa (entre 24 % y 27 %) observadas en la población del estuario del Guadalquivir fueron menores a las citadas en otras localidades. Así, en las costas francesas se han registrado pérdidas entre el 6 % y 9 % en talla, correspondientes a un rango del 25 % al 35% en masa o peso, durante el periodo migratorio (Cantrelle, 1981); Elie y Rochard (1994) detectaron pérdidas de hasta un 52 % de masa durante los 9 meses que duró el periodo migratorio por ellos estudiado.

Dado que la pérdida media de masa entre el principio y el final del periodo de máximo reclutamiento fue muy superior a la pérdida media de talla durante este mismo periodo, la condición de las angulas también descendió entre un 12,2 % y un 12,7 %. Valores que son muy próximos a los encontrados en localidades atlánticas francesas, donde la pérdida en condición osciló entre un 12% y un 16 % (Cantrelle, 1981).

La talla de la angula depende del estado leptocéfalo que le precede (Yahyaoui, 1988). Las angulas que llegan en otoño-invierno a nuestras costas pasan su vida larvaria en el océano durante la primavera y el verano. Las condiciones

oceánicas en esta época, fundamentalmente disponibilidad trófica y velocidad y dirección de las corrientes marinas (Haro y Krueger, 1988; Lecomte-Finiger, 1994), son indudablemente mejores que las que experimentan las angulas que llegan en verano, cuya larva ha tenido que viajar durante el invierno, cuando las condiciones ambientales son menos favorables. Estas diferencias en la época migratoria explicarían la mayor talla y longitud de las angulas que arriban en otoño-invierno frente a las que llegan en verano (Yahyaoui, 1988) y explicarían la disminución progresiva de la longitud de las angulas durante el periodo de reclutamiento (Charlon y Blanc, 1982; Boëtius y Boëtius, 1989; Jorge *et al.*, 1990; McGovern y McCarthy, 1992). Además, la menor pérdida en talla y peso que durante el periodo de reclutamiento presentan las angulas del estuario del Guadalquivir, en comparación con otros estuarios europeos, podría relacionarse con unas condiciones ambientales favorables en el estuario que reducirían el tiempo de espera en la plataforma continental.

Una vez pasados los primeros meses de entrada, se observa una recuperación de la longitud y la masa. En la plataforma continental del Golfo de Cádiz, se sabe de la existencia de un *bloom* de fitoplancton en primavera (Huertas *et al.*, 2006; Navarro y Ruiz, 2006), por consiguiente, los leptocéfalos que lleguen en esa época a la zona, podrían encontrarse con condiciones alimenticias más favorables, que redundaría en el incremento en longitud y masa observado en las angulas que reclutan al final de la primavera. Este patrón de incremento se observa muy bien en la primavera de 1998 en el contexto de nuestro estudio.

Una vez se ha producido la metamorfosis de la angula e inicia su migración anádroma, también cesa su alimentación. Por consiguiente, la disminución de la masa de las angulas en los estuarios es el resultado del gasto metabólico de las reservas que tienen durante esta fase de inanición. En consecuencia, la mayor o menor duración de esta fase, lo cual depende primordialmente de la temperatura del agua (Tesch, 1977; Cantrelle 1981; Dutil *et al.*, 1989), va a determinar el mayor o menor grado de pérdida de masa que experimentan las angulas.

Una vez reiniciada la alimentación, a partir del estado de maduración VI<sub>A2</sub> (Tesch, 1977; Cantrelle, 1981), el tiempo de permanencia de la angula en el estuario, antes de iniciar la migración río arriba, puede variar de semanas a meses según las condiciones tróficas y ambientales (Tesch, 1977; Haro y Krueger, 1988; Sorensen y



Bianchini, 1986; Dutil *et al.*, 1989). Este proceso podría explicar las diferencias temporales y anuales que se han observado en la masa y condición de las angulas, pudiéndose producir un incremento de la masa de las angulas más tardías en su llegada al estuario, bien por un adelanto del comienzo de la alimentación, bien por un proceso de rehidratación que también ha sido descrito en la bibliografía (Callamand, 1943; Cantrelle, 1981).

En este estudio se ha observado la existencia de una variación espacial de la longitud, masa e índice de condición de las angulas en el eje longitudinal del estuario del Guadalquivir. Normalmente, los individuos más pesados, más grandes y con mejor condición han predominado en la estación más alejada de la desembocadura (salinidad más baja) y los de condición más baja en la estación más próxima a la desembocadura (salinidad más elevada). Según Edeline *et al.* (2006), las angulas con baja condición tendrían tendencia a permanecer en los estuarios y no migrar río arriba, colonizando preferentemente los hábitats estuáricos y costeros. Por el contrario, las angulas con mejor condición serían las que migrarían río arriba, colonizando hábitats fluviales. Por consiguiente, la distribución de la especie en hábitats litorales *versus* hábitats fluviales puede estar altamente condicionada por la pérdida de condición somática a lo largo del periodo de reclutamiento y las condiciones ambientales imperantes durante este periodo.

En los últimos 25 años el reclutamiento de la angula en Europa ha descendido en más de un 95% (Dekker, 2003; ICES, 2007), por lo que resulta esencial incrementar los conocimientos sobre la especie para asegurar su conservación a largo plazo. Los resultados obtenidos en este trabajo amplían conocimientos biológicos y ecológicos de la migración anádroma de la angula en la parte más meridional de Europa. En concreto, indican que la época en la que las angulas entran en nuestros estuarios con mayor intensidad está muy influenciada por los factores hidrográficos locales; asimismo, sugieren que la pérdida de masa, talla y condición durante el periodo de migración hacen que las primeras angulas en llegar al estuario se encuentren en mejor condición y están mejor capacitadas para colonizar los hábitats situados río arriba. En definitiva, el estudio muestra cómo la dinámica temporal y espacial de la migración de la especie y su respuesta a los factores ambientales han de ser tenidos muy presentes a la hora de desarrollar medidas eficaces para su gestión y conservación.

### 3.5. Conclusiones.

En relación con el patrón de variación en abundancia y sobre los parámetros descriptores del crecimiento de la angula en el estuario del río Guadalquivir, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- (1) A lo largo de los dos ciclos anuales considerados, el reclutamiento de la angula en el estuario del Guadalquivir se desarrolló durante todo el año, si bien el patrón de entrada varió de uno a otro ciclo. En el primero, la densidad de angulas fue máxima en invierno, mientras que en el segundo lo fue en primavera.
- (2) La variación interanual detectada en el reclutamiento muestra la necesidad de obtener series temporales largas para inferir el patrón migratorio de la especie en un estuario.
- (3) Talla, masa e índice de condición medios fueron máximos al inicio del periodo de reclutamiento, y disminuyeron progresivamente conforme avanzó la estación hasta alcanzar un mínimo al inicio de la primavera. No obstante, al final de esa estación se observó una recuperación de la longitud y la masa que pudo estar relacionada con un aumento del fitoplancton detectado en la misma época en el Golfo de Cádiz.
- (4) Las pérdidas en talla, masa y condición durante el periodo de reclutamiento se han mostrado ligeramente inferiores a las observadas en otros estuarios europeos, aspecto que podría estar relacionado con unas condiciones ambientales favorables en el estuario que reducirían el tiempo de espera en la plataforma continental o bien con el bloom de fitoplancton que se produce en el Golfo de Cádiz.
- (5) Talla, masa e índice de condición medios variaron según las estaciones de muestreo. Los individuos más grandes y pesados y de mejor condición física se encontraron en la estación más alejada de la desembocadura. En esta especie, los reclutas de mejor condición física siempre poseen mayor desarrollo del instinto migratorio anádromo.

### 3.6. Bibliografía.

- Anderson, R. O. and S. J. Gutreuter (1983). Length, Weight and Associated Structural Indices. En: *Fisheries Techniques*. Nielsen L. A. y Johnson D.L. Editores American Fisheries Society. Bethesda, Maryland.
- Arias, A. M. y P. Drake (1985). Estructura de la población y régimen alimentario de *Anguilla anguilla* L., 1758 (Osteichthyes, Anguillidae), en los esteros de San Fernando (Cádiz). *Investigaciones Pesqueras* 49(4), 475-491.
- Bessa, R. e M. Castro (1995). Variação sazonal dos parâmetros biometricos de meixao capturado no rio Liz. *Relatórios Científicos e Técnicos. Instituto Português de Investigação Marítima* 4, 1-10.
- Böetius, I. and J. Boëtius (1989). Ascending elvers, *Anguilla anguilla*, from five European localities. Analyses of pigmentation stages, condition, chemical composition and energy reserves. *Dana* 7, 1-12.
- Callamand, O. (1943). L'anguille européenne. Les bases physiologiques de sa migration. *Annales de l'Institut Oceanographique*. Paris, 21 (6), 361-440.
- Cantrelle, I. (1981). *Etude de la migration et de la pêche des civelles (Anguilla anguilla L.) dans l'estuaire de la Gironde*. Thèse, Université de Paris VI.
- Cantrelle, I. (1984). Les populations de civelles d'*Anguilla anguilla* L. en migration dans l'estuaire de la Gironde. *Vie Milieu* 34, 109-116.
- Charlon, N. y J.M. Blanc (1982). A study of the elvers (*Anguilla anguilla* L.) in the Adour basin area. 1. Length and weight biometrical characteristics in function of pigmentation. *Archives Hydrobiologie* 93, 238-255.
- Ciccotti, E., T. Ricci, M. Scardi, E. Fresi and S. Cataudella (1995). Intraseasonal characterization of glass eel migration in the river Tiber: space and time dynamics. *Journal Fish Biology* 47, 248-255.
- Creutzberg, F. (1958). Use of tidal streams by migrating elvers (*Anguilla vulgaris*). *Nature* (London), 181, 857-858.
- De Casamajor, M. -N., P. Prouzet et P. Lazure (2000). Identification des flux de civelle *Anguilla anguilla* à partir des relations d'allométrie en fonction des conditions hydrodynamiques dans l'estuaire de l'Adour. *Aquatic Living Resources* 13, 411-420.
- Dekker, W., (2003). Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla anguilla*?. *Fisheries Management and Ecology* 10, 365-376.
- Desaunay, Y., D. Guérault and R. Lecomte-Finiger (1996). Variation of the oceanic larval migration of *Anguilla anguilla* glass eels from a two years study in the Vilaine estuary (France). *Archives of Polish Fisheries* 4, 195-210.
- Desaunay, Y. and D. Guerault (1997). Seasonal and long-term changes in biometrics of eel larvae: a possible relationship between recruitment variation and North Atlantic ecosystema productivity. *Journal of fish biology* (supplement A), 317-339.



- Dutil, J.-D., M. Michaud and A. Giroux (1989). Seasonal and diel patterns of stream invasion by American eels (*Anguilla rostrata*) in the northern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal Zoology* 67, 182-188.
- Edeline, E., P. Lambert, C. Rigaud and P. Elie (2006). Effects of body condition and water temperature on *Anguilla anguilla* glass eel migratory behavior. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 331, 217-225.
- Elie, P., R. Lecomte-Finiger, I. Cantrelle et N. Charlon (1982). Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* L. *Vie Milieu*, 32(3), 149-157.
- Elie, P. et E. Rochard (1994). Migration des civelles d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) dans les estuaries, modalités du phénomène et caractéristiques des individus. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 335, 81-98.
- Fernández-Delgado, C. (1987). *Ictiofauna del Estuario del Guadalquivir: Su distribución y biología de las especies sedentarias*. Tesis doctoral. Universidad de Cordoba.
- Fernández-Delgado, C., J. A. Hernando, M. Herrera and M. Bellido (1989). Age and growth of yellow eels, *Anguilla anguilla*, in the estuary of Guadalquivir river (south-west Spain). *Journal of Fish Biology* 34, 561-570.
- Fernández-Delgado, C., A. Arias, D. García-González y P. Drake, (2000). *Peces de Doñana y su entorno*. Serie Técnica. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Gandolfi Hornyold A. (1924). Observaciones sobre la edad y el crecimiento de la anguila del Guadalquivir en Sevilla. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 357-362.
- García-Berthou, E. and R. Moreno-Amich. (1993). Multivariate Analysis of covariance in morphometric studies of reproductive cycle. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 50, 1394-1399.
- Grellier, P., J. Huet and Y. Desaunay (1991). *Pigmentation stages of Anguilla anguilla (L.) glass eels from the estuaries of Loire and Vilaine*. IFREMER RIDRV-91, 14-RH/Nantes.
- Groom, M. J., G. K. Meffe and C.R. Carroll (2005). *Principles of Conservation Biology*, third edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts. U.S.A.
- Guérault, D., R. Lecomte-Finiger, Y. Désaunay, S. Biagianti-Risbourg, P. Beillouis and P. Grellier (1992). Glass eels arrivals in the Vilaine estuary (northern Bay of Biscay) in 1990: demographic features and early life history. *Irish Fisheries Investigations*, Series A 36, 5-14.
- Haro, A. J. and W. H. Krueger (1988). Pigmentation, size, and migration of elvers (*Anguilla rostrata* (Lesueur) in a coastal Rhode Island stream. *Canadian Journal of Zoology* 66, 2528-2533.
- Heldt, G. et H. Heldt (1929). Etudes sur les civelles de Sidi — Daoud. *Bulletin Station Oceanographique de Salammbo* 16, 1-23.

- Helfman, G. S., D. E. Facey, L. S. Jr. Hales and E. L. Jr. Bozeman, (1987). Reproductive ecology of the American eel. *American Fisheries Society Symposium* No. 1 pp. 42-56.
- Hickman, R.A. (1981). Densities and swimbladder development of juvenile American eels, *Anguilla rostrata* (Lesueur) as related to energetics of migration. *Journal of Fish Biology* 18, 507-517.
- Huertas, I. E., G. Navarro, S. Rodríguez-Gálvez and L. M. Lubián (2006). Temporal patterns of carbon dioxide in relation to hydrological conditions and primary production in the northeastern shelf of the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Deep-Sea Research II* 53, 1344-1362.
- ICES, (International Council for the Exploration of the Sea). (2005). *Report of the EIFAC/ICES Working Group on Eels*. ICES CM 2005/ACFM:
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea). (2006) *Report of the EIFAC/ICES Working Group on Eels*. ICES CM 2006/ACFM:
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea). (2007) *Report of the EIFAC/ICES Working Group on Eels*. ICES CM 2007/ACFM:
- Jessop, B. M. (1998). Geographic and seasonal variation in biological characteristics of American eel elvers in the Bay of Fundy area and on the Atlantic coast of Nova Scotia. *Canadian Journal of Zoology* 76, 2172-2185.
- Jorge, I. M., M. C. Sobral and J. D. Bela (1990). On the efficiency and by-catch of the main glass-eel (*Anguilla anguilla* L.) fishing gears used in Portugal. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie* 75, 841.
- Kleckner, R.C., J. D. McCleave and G. S. Wipplehauser (1983). Spawning of American eel, *Anguilla rostrata*, relative to thermal fronts in the Sargasso Sea. *Environmental Biology of Fishes* 9, 289-293.
- Lara, M. J. (1994). Catch statistics, capture methods, size, and development stages of glass eels in Asturias (northernwestern Spain). *Bulletin of the Sea Fisheries Institute* 1 (131), 31-39.
- Lecomte-Finiger, R. et J. Brusle (1984). L'anguille *Anguilla anguilla* des lagunes du Languedoc-Roussillon: intérêt biologique et valeur halieutique. *Vie Milieu* 34(4), 185-194.
- Lecomte-Finiger, R. (1992). Grow history and age at recruitment of European glass-eels (*Anguilla anguilla*) as revealed by otolith microstructure. *Marine Biology* 114, 205-210.
- Lecomte-Finiger, R. (1994). The early life of the European eel. *Nature*, 370, 424.
- Lefebvre, F., E. Sergent, A. Acou, R. Lecomte-Finiger et A. J. Crivelli (2003). Recrutement des civelles (*Anguilla anguilla*) sur la cote mediterrannee française: Analyse comparee des caracteristiques biometriques et pigmentaires des saisons 1974-75 et 200-01. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 368, 85-96.
- Matthews, W. J. (1998). *Patterns in Freshwaters Fish Ecology*. Chapman y Hall. New York.
- McCleave, J.D. and R. C. Kleckner (1982). Selective tidal stream transport in the estuarine migration of glass eels of the American eel (*Anguilla rostrata*).

- Journal du Conseil - Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 40, 262-271.
- McCleave, J.D. and G. S. Wipplehauser (1987). Behavioral aspects of selective tidal transport in juvenile American eel. Pages 138-150 *en*: M. J. Dadswell, R. J. Klauda, C. M. Moffitt, R. L. Saunders, R. A. Rulifson, and J. E. Cooper, Editors. *Common strategies of anadromous and catadromous fishes*. American Fisheries Society, Symposium 1, Bethesda, Maryland.
- McCleave, J.D. (1993). Physical and behavioural control on the oceanic distribution and migration of leptocephali. *Journal Fish Biology* 43, 243-273.
- McGovern, P. and T. K. McCarthy (1992). Elvers migration in the River Corrib system, western Ireland. *Irish Fisheries Investigations Series A (Freshwater)*, 36, 25-32.
- Moriarty, C. (1986). Riverine migration of young eels *Anguilla anguilla* (L.). *Fisheries Research (Amst.)* 4, 43-58.
- Moriarty, C. (1987). Factors influencing recruitment of the Atlantic species of anguillid eels. *American Fisheries Society Symposium* 1, 483-491.
- Moriarty, C. and W. Dekker (1997). Management of the European eel. *Fisheries Bulletin (Dublin)* 15, 125 p.
- Navarro, G. and J. Ruiz (2006). Spatial and temporal variability of phytoplankton in the Gulf of Cádiz through remote sensing images. *Deep-Sea Research II* 53, 1241-1260.
- Pope, K. L. and D. W. Willis (1996). Seasonal influence on Freshwater Fisheries Sampling Data. *Reviews in Fisheries Science* 4 (1), 57-73.
- Pyper, B. J. and R. M. Peterman (1998). Comparison of methods to account for autocorrelation in correlation analyses of fish data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55, 2127-2140.
- Schmidt, J. (1909). Remarks on the metamorphosis and distribution of the larvae of the eel (*Anguilla vulgaris*, Turt.). *Meddelester fra Kommissionen for Havundersøgesler, serie Fiskeri Copenhagen* III, 1-17.
- Sobrinho, I., F. Baldó, D. García-González, J. A. Cuesta, A. Silva-García, C. Fernández-Delgado, A. M. Arias, A. Rodríguez and P. Drake (2005). The Effect of estuarine fisheries on juvenile fish observed within the Guadalquivir Estuary (SW Spain). *Fisheries Research* 76, 229-242.
- Sorensen, P. W. and M. L. Bianchini (1986). Environmental correlates of the freshwater migration of elvers of the American eel in a Rhode Island brook. *Transactions of the American Fisheries Society* 115, 258-268.
- Tesch, F. W. (1977). *The eel. Biology and management of anguillid eels*. Chapman and Hall Ed., London, 434 p.
- Tesch, F. -W. (2003). *The eel*. (Thorpe, J. E., ed.), 3<sup>rd</sup> ed. London: Blackwell Publishing.
- Wilkinson, L., G. Blank and C. Gruber (1996). *Desktop data analysis with SYSTAT*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.

- Wootton, R. J. (1998). *Ecology of Teleost Fishes* (2<sup>nd</sup> Edition). Chapman y Hall. London.
- Yahyaoui, A. (1988). Etude comparée des civelles d'anguilles (*Anguilla Anguilla*) dans trois sites méridionaux (atlantique et méditerranéens). *Investigaciones Pesqueras* 52, 501-515.



# CAPÍTULO IV

---

**Estados de pigmentación de la angula (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758) en el estuario del río Guadalquivir: descripción y variación espacio-temporal.**



## **4.1. Introducción.**

En general, el término *angula* hace referencia al estado juvenil de las especies del género *Anguilla* diferenciándose, en determinadas área geográficas, entre angulas transparentes y pigmentadas, si bien el límite entre ambas no está claro (i.e. Elie *et al.*, 1982; Sloane, 1984). La angula europea, la fase juvenil de la anguila (*Anguilla anguilla*), ha sido ampliamente estudiada en lo referente a diversos aspectos de su biología y ecología básicamente por su importancia como recurso pesquero en muchos estuarios europeos. Los cambios en la pigmentación durante el periodo de reclutamiento es uno de los campos de análisis en lo referente a su morfología (Böetius, 1976; Elie, 1979; Cantrelle, 1981).

El inicio de la metamorfosis de su segunda etapa de vida, el de angula transparente, comienza cuando los individuos alcanzan la plataforma continental. Es sabido que al entrar en esta fase, deja de alimentarse (Johansen, 1905, en Deelder, 1984) al tiempo que comienza a pigmentarse y penetrar en los estuarios para colonizar los distintos hábitats fluviales y estuáricos.

El proceso de pigmentación, según el grado de extensión de los melanóforos corporales, ha sido estudiado por diversos autores (Gilson, 1908; Strubberg, 1913; Vilter, 1942; Panu, 1929abc; Böetius, 1989; Elie *et al.*, 1982). En la actualidad es el modelo de Elie *et al.*, (1982) basado en una clasificación de 8 estados pigmentarios el que actualmente es reconocido por la mayoría de especialistas.

El desarrollo de la pigmentación en la angula conlleva toda una serie de cambios anatómicos, fisiológicos, de hábitats (marino => dulceacuícola) y de comportamientos (migrador => sedentario, pelágico => bentónico) (Tesch, 2003). Así por ejemplo, la presencia de la primera mancha en la cabeza indica el abandono de su vida pelágica, importante evento en el ciclo de vida de la propia especie (Tesch, 2003).

La lectura o determinación de los estados pigmentarios no suele ser complicada y la comparación del avance relativo en varias muestras permite describir las variaciones geográficas y estacionales del proceso de reclutamiento (Elie, 1979;



Cantrelle, 1981; Charlon y Blanc, 1982; Gascuel, 1987; Böetius y Böetius, 1989; Guerault *et al.*, 1991; McGovern y McCarthy, 1992; De Casamajor, 1998).

### ***Objetivos.***

El estudio presentado en este capítulo se centró en el análisis de los estados de pigmentación de la angula en su migración anádroma por el estuario del Guadalquivir. Los objetivos específicos planteados fueron:

- (1) Descripción de los estados de pigmentación presentes.
- (2) Análisis de la dinámica temporal y espacial de los estados de pigmentación presentes en el estuario.
- (3) Relaciones entre el tamaño (talla y masa) y condición con los estados de pigmentación.
- (4) Influencia de determinadas variables ambientales sobre el proceso de pigmentación de la angula en el estuario.



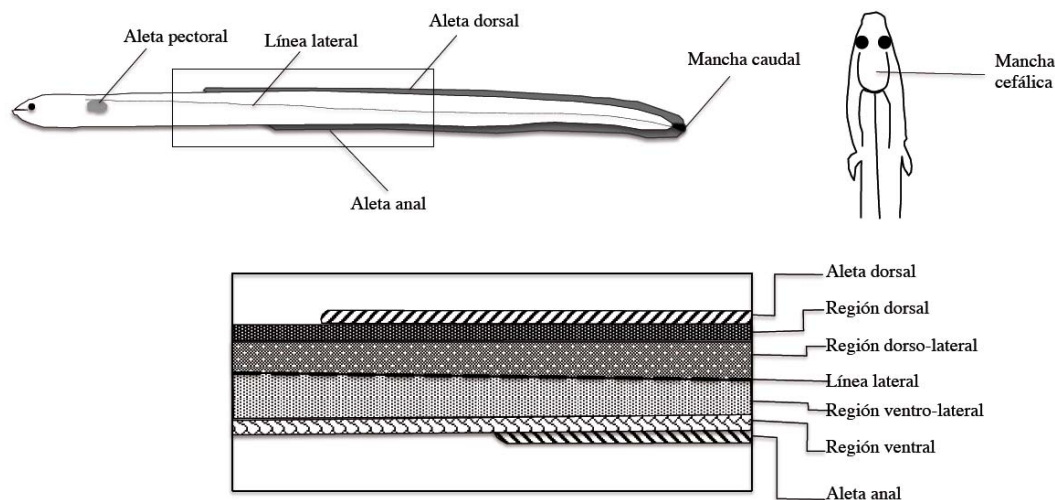
## **4.2. Material y métodos.**

El estudio se llevó a cabo en cinco estaciones de muestreo localizadas en los últimos 50 km del cauce principal del Río Guadalquivir. En total se realizaron 24 muestreos por estación con periodicidad mensual entre junio de 1997 y abril de 1999 (ver Capítulo II para la localización geográfica, descripción de las estaciones y método de captura).

Paralelamente a las capturas de angulas se tomaron las siguientes variables físico-químicas del agua: velocidad de la corriente (flujómetro HYDRO-BIOS® 430 110), salinidad (refractómetro ATAGO® S/MILL), temperatura del agua (termómetro digital HANNA® HI-145) y turbidez (turbidímetro HANNA® HI 93703). Además, se utilizó el caudal mensual medio ( $\text{m}^3/\text{seg}$ ) del Guadalquivir obtenido en la estación de aforos de Alcalá del Río ([www.chguadalquivir.es](http://www.chguadalquivir.es)), y las precipitaciones ( $\text{l/m}^2$ ) estimadas en la estación meteorológica de El Palacio (Parque Nacional de Doñana).

El procesamiento de los individuos ha quedado descrito en el capítulo II de la presente memoria de Tesis Doctoral. La determinación de los estados de pigmentación se ha efectuado con una lupa binocular de acuerdo a la clasificación ampliamente aceptada (Elie, 1979; Elie *et al.*, 1982; Grellier *et al.*, 1991). Los caracteres morfológicos utilizados en la descripción de los estados de pigmentación se presentan en la Figura 1. Los 8 estados de pigmentación determinados en este estudio fueron  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $VI_{A0}$ ,  $VI_{A1}$ ,  $VI_{A2}$ ,  $VI_{A3}$ ,  $VI_{A4}$  y  $VI_B$ . No obstante, debido al reducido número de individuos pertenecientes a los últimos estados, los 8 estados descritos se agruparon en 4: Estado 1 ( $V_A$ ), Estado 2 ( $V_B$ ), Estado 3 ( $VI_{A0} + VI_{A1} + VI_{A2}$ ) y Estado 4 ( $VI_{A3} + VI_{A4} + VI_B$ ).

Los cambios estacionales y anuales en los estados de pigmentación se analizaron estadísticamente mediante modelos univariantes de varianza (ANOVAs) y test de comparación múltiple de medias de Tukey-kramer (Wilkinson *et al.*, 1996), previa transformación logarítmica de la variable agrupada en 4 estados y en categorías ordinales (Estado 1 = 1; Estado 2 = 2; Estado 3 = 3; Estado 4 = 4). La variación estacional de la pigmentación a lo largo del periodo de máximo reclutamiento se analizó mediante regresiones lineales.



**Figura 1.** Parámetros morfológicos utilizados en la descripción de los estados de pigmentación de la angula del Guadalquivir.

Para analizar la relación entre las variables ambientales y la abundancia de los distintos estados de pigmentación se utilizó el algoritmo BVSTEP del análisis BEST (Clark y Gorley, 2006). Este análisis identifica los factores ambientales que mejor explican el patrón de la estructura de los estados de pigmentación de la población de angula maximizando la correlación entre sus respectivas matrices de similitud.

Como medida de similitud de las muestras se empleó la distancia euclídea para las variables ambientales y el índice de Bray-Curtis para las variables biológicas. La similitud entre ambas matrices fue estimada con el coeficiente ordinal de Spearman ( $\rho$ ).

El procedimiento seguido por el análisis puede resumirse en los siguientes pasos:

1) Estimación de una matriz de similitud (índice de Bray-Curtis) de las muestras en base a los valores de abundancia de los distintos estados de pigmentación en cada una de ellas.

2) Estimación de una matriz de similitud (Distancia Euclídea) de las muestras en base a los valores de los factores abióticos. Este paso se efectúa varias veces, agrupando las variables ambientales sucesivamente.

3) Comparación sucesiva (mediante el coeficiente de correlación de Spearman) de la matriz obtenida en el primer paso y las distintas matrices resultantes del segundo.

4) Establecimiento de la mejor combinación de variables que explican el patrón observado en cuanto a los estados de pigmentación de la población, seleccionando sólo las variables que hacen una aportación estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ).

El valor del coeficiente de correlación ordinal de Spearman puede oscilar entre 0, indicando que no existe ninguna correlación, y 1, cuando la correlación es absoluta. La significancia estadística de los coeficientes obtenidos fue probada mediante tests de permutaciones al azar.

Antes del análisis, las abundancias de los distintos estados de pigmentación fueron transformadas y los factores medioambientales temperatura, salinidad y turbidez normalizados.

Adicionalmente, se realizó una ordenación MDS (*multidimensional scaling*) de las muestras basadas en la matriz de abundancia de los estados de pigmentación. Para estimar las relaciones entre los ejes de esta ordenación MDS y las variables ambientales se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman.

Los análisis BEST y MDS, así como los test de permutaciones, han sido llevados a cabo usando el paquete estadístico PRIMER V<sub>6</sub> (Clarke y Gorley, 2006). El resto de análisis estadísticos fueron realizados mediante el paquete estadístico SPSS<sup>®</sup> y la totalidad de valores promedios expuestos en el trabajo se presentan con los límites de confianza obtenidos al 95% (LC 95%).

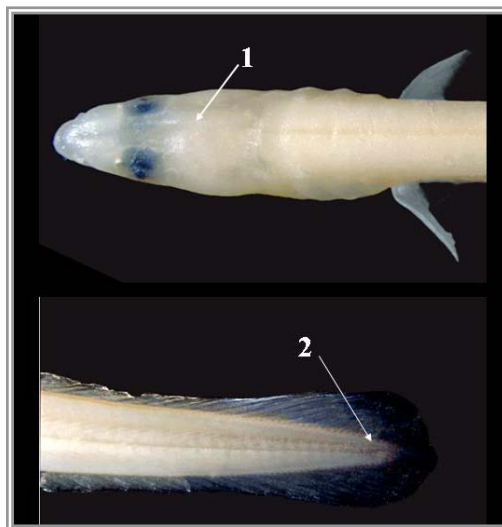
### 4.3. Resultados.

#### *Descripción de los estados de pigmentación.*

Tal y como se ha comentado en el apartado anterior, en el presente estudio se detectaron los 8 estados de pigmentación normalmente descritos (Elie, 1979; Elie *et al.*, 1982; Grellier *et al.*, 1991):  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $VI_{A0}$ ,  $VI_{A1}$ ,  $VI_{A2}$ ,  $VI_{A3}$ ,  $VI_{A4}$  y  $VI_B$ . Los más notables y abundantes se describen a continuación.

#### **Estado $V_A$**

Sin pigmentación cefálica (1). Mancha caudal localizada en la extremidad de la aleta caudal que comienza a extenderse por el borde de la región dorsal (2).



### **Estado V<sub>B</sub>**

Aparece la pigmentación cefálica (1), en las primeras fases aparece un único punto, más tarde estos puntos se disponen en forma de corazón constituyendo la mancha cerebral (2). La pigmentación nunca sobrepasa el borde posterior de la mancha cerebral (2). En el cuerpo la pigmentación se acentúa en la zona dorsal y en la región dorso-lateral (3).



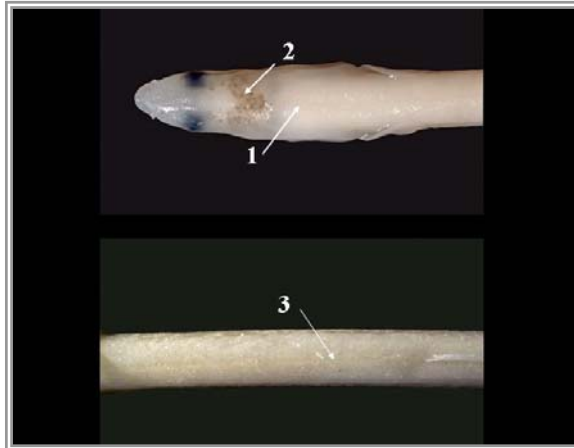
### **Estado VI<sub>A0</sub>**

La pigmentación superficial rostral sobrepasa la mancha cerebral (1). El borde dorsal del cuerpo presenta un ribete pigmentario justo hasta el nivel del ano. La pigmentación dorso-lateral y medio-lateral relegadas a la última mitad de la región caudal (2).



### Estado VI<sub>A1</sub>

La pigmentación superficial rostral sobrepasa la mancha cerebral formando un ligero ribete que se une a la pigmentación dorsal (1 y 3). La mancha cerebral, con forma clara de corazón, posee grandes melanóforos estrellados (2). Pigmentación dorso-lateral desarrollada hasta la región posterior del ano. Existen algunos puntos de melanización ventro-laterales al final de la región caudal. Pigmentación medio-lateral bien desarrollada llegando hasta la mitad de la región caudal. Este estado se caracteriza por la continuidad del pigmento superficial a lo largo de todo el borde dorsal de la angula (3).



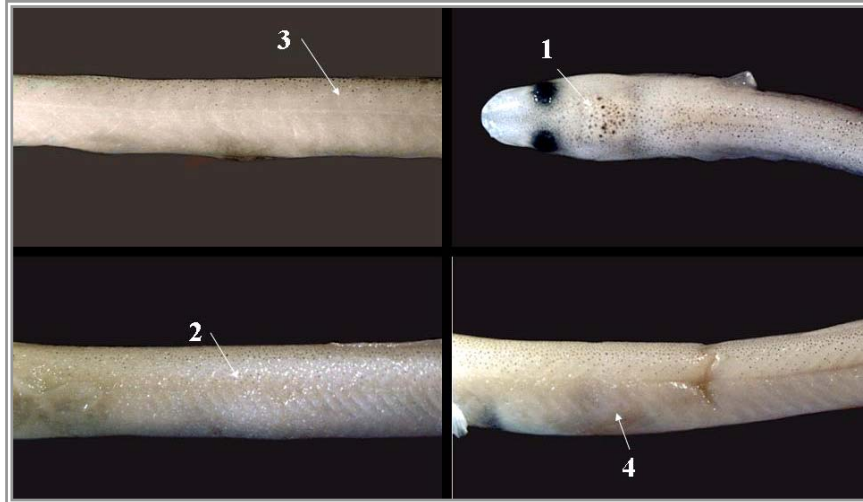
### Estado VI<sub>A2</sub>

Mancha cerebral completa, todos los arcos branquiales pigmentados (1); pigmentación dorsal ensanchada lateralmente (2). Pigmentación dorso-lateral desarrollada entre la aleta dorsal y el ano (3); pigmentación ventro-lateral desarrollada en el último tercio de la región caudal. La melanización de la línea medio-lateral alcanza el ano y lo sobrepasa al final de la fase.



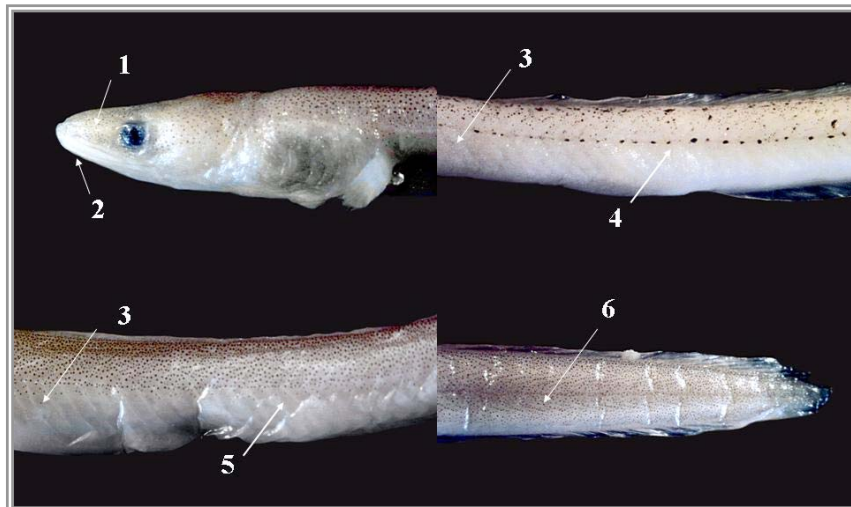
### **Estado VI<sub>A3</sub>**

Mancha cerebral menos visible por un aumento de la intensidad del pigmento superficial rostral (1). Pigmentación dorso-lateral comprendida entre las pectorales y el inicio de la dorsal (3), pero no alcanza la línea medio lateral (2). La melanización ventro-lateral alcanza el ano o la zona inmediatamente posterior a él (4); pigmentación medio-lateral presente entre el inicio de la aleta dorsal y las aletas pectorales.



### **Estado VI<sub>A4</sub>**

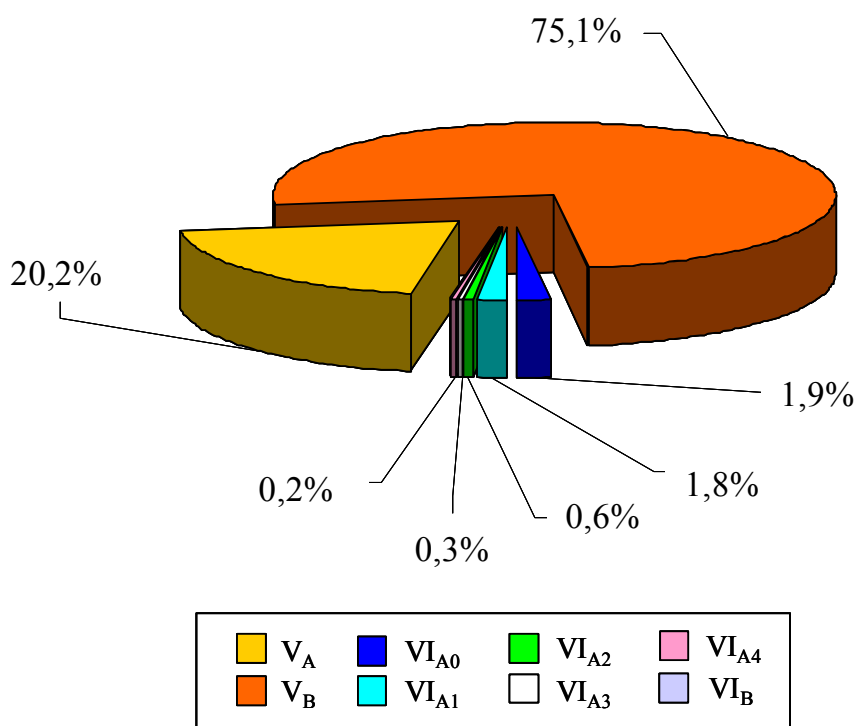
Mancha cerebral todavía visible aunque muy enmascarada por la pigmentación superficial rostral (1). Borde superior de las mandíbulas pigmentado hasta la comisura bucal (2). La pigmentación dorso-lateral recalca todos los mioseptos, también aparece entre los mioseptos en la zona comprendida entre las aletas pectorales y el principio de la aleta dorsal (3); la pigmentación ventro-lateral sobrepasa el ano (4), en la parte anterior del ano se presenta como un depósito incompleto de melanina a lo largo de los mioseptos. La pigmentación dorso-lateral recubre la línea lateral (5) y la pigmentación posterior está generalizada (6).





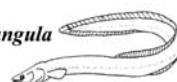
### *Variación espacio temporal de los estados de pigmentación.*

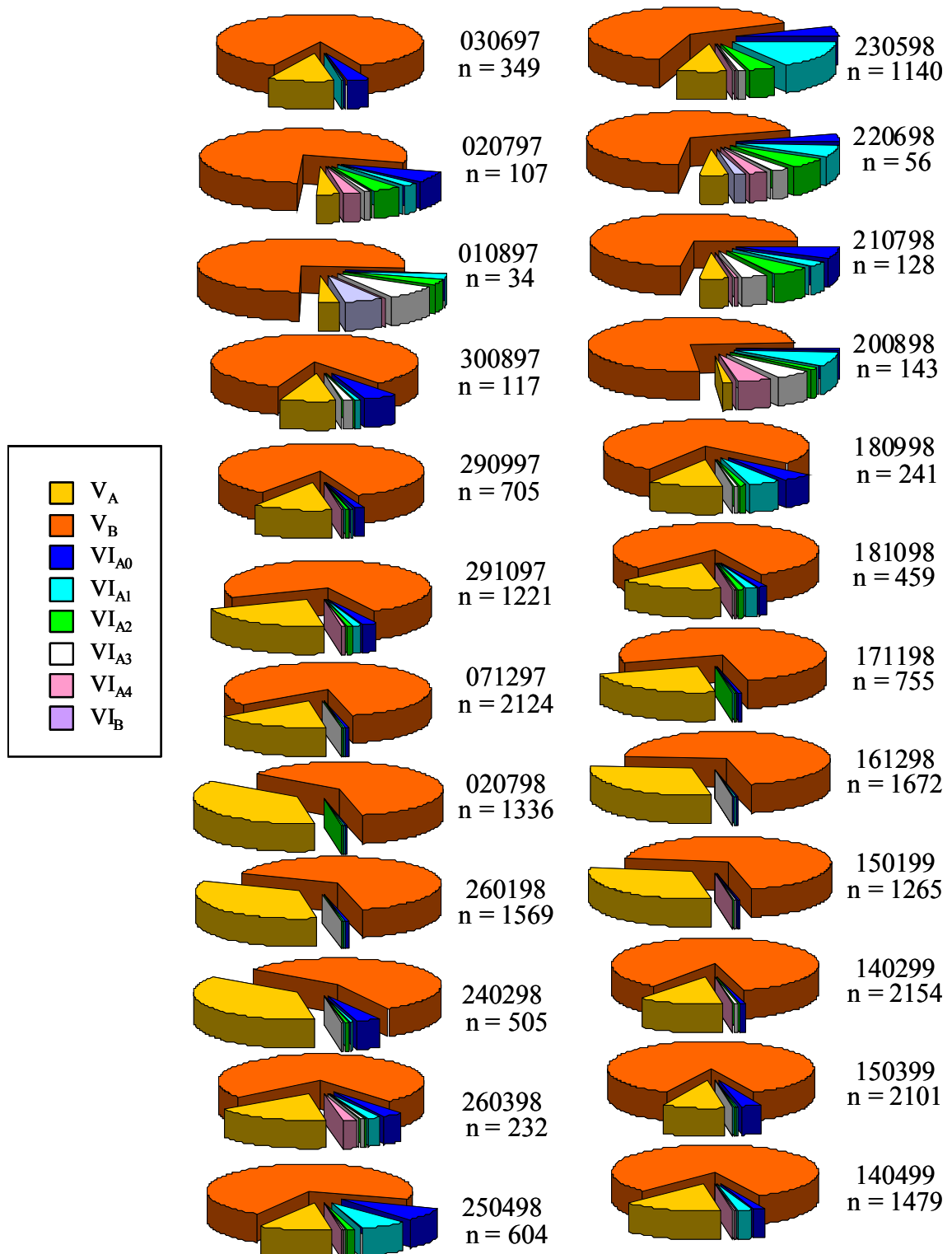
Los estados de pigmentación predominantes a lo largo del periodo de estudio fueron el V<sub>A</sub> (20,2 %) y el V<sub>B</sub> (75,1 %) (Figura 2).



**Figura 2.** Presencia relativa (%) de los estados de pigmentación detectados en 21057 angulas capturadas en el estuario del Guadalquivir a lo largo de los dos años de estudio considerados.

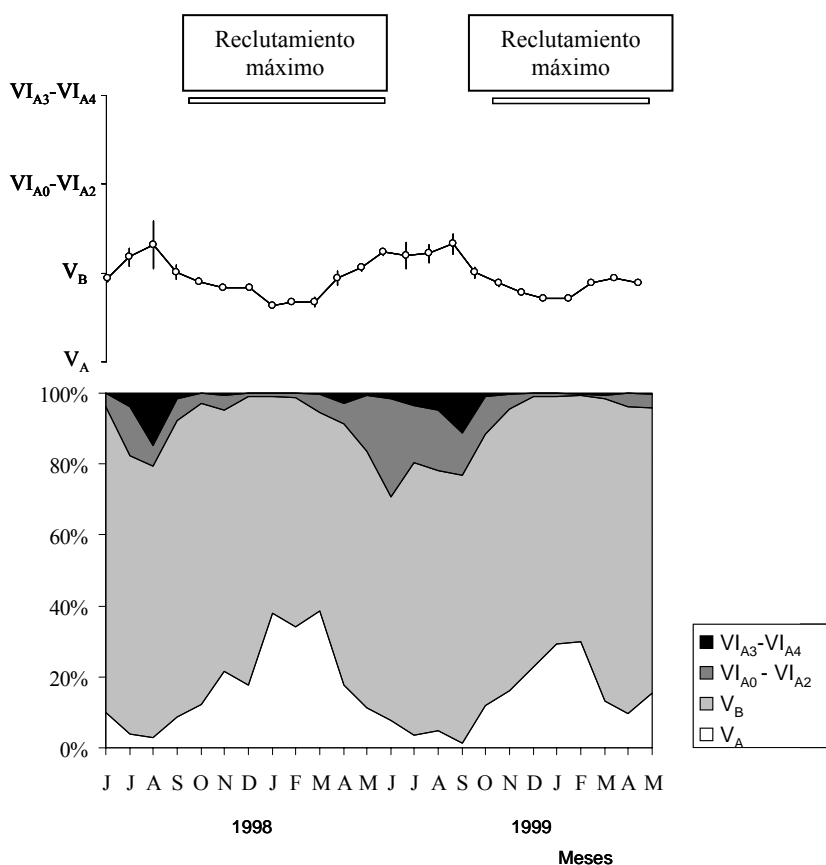
Estos dos estadios dominaron a lo largo de los dos ciclos estudiados con un predominio significativo en los periodos de máximo reclutamiento (octubre-mayo) (Figuras 3 y 4); en los de mínimo reclutamiento (junio-septiembre) el número de angulas más pigmentadas (VI<sub>A2</sub> a VI<sub>B</sub>) incrementó ligeramente, aunque siempre dominaron los estadios más jóvenes (Figuras 3 y 4).





**Figura 3.** Evolución mensual (%) de los estados pigmentarios de la anguila en el Estuario del Guadalquivir durante los dos ciclos anuales de muestreo considerados en este estudio.

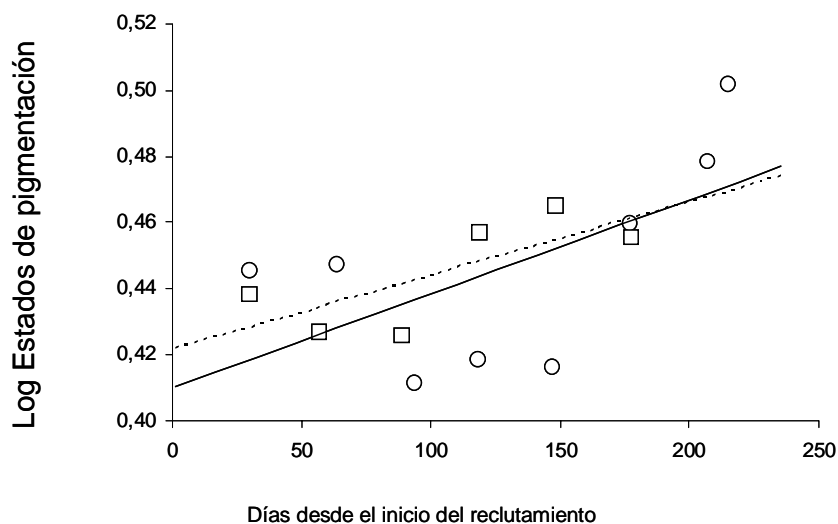
La variación temporal en los estados de pigmentación resultó estadísticamente significativa tanto en su aproximación mensual (ANOVA  $F_{23,21056} = 92,76$ ;  $p < 0,001$ ) como estacional (ANOVA  $F_{8,21056} = 210,36$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 4). A su vez, las diferencias también fueron significativas entre los dos ciclos (97-98, 98-99) de muestreo (ANOVA,  $F_{(1,21056)} = 22,20$ ;  $p < 0,001$ ), y entre los periodos de máximo reclutamiento (octubre-mayo) de ambos ciclos (ANOVA,  $F_{(1,21056)} = 17,26$ ;  $p < 0,001$ ). El verano y primavera de ambos ciclos muestran angulas significativamente más pigmentadas que en otoño e invierno (Figura 4).



**Figura 4.** Evolución mensual de la pigmentación media y de la proporción de estados pigmentarios a lo largo de los dos ciclos de muestreo.



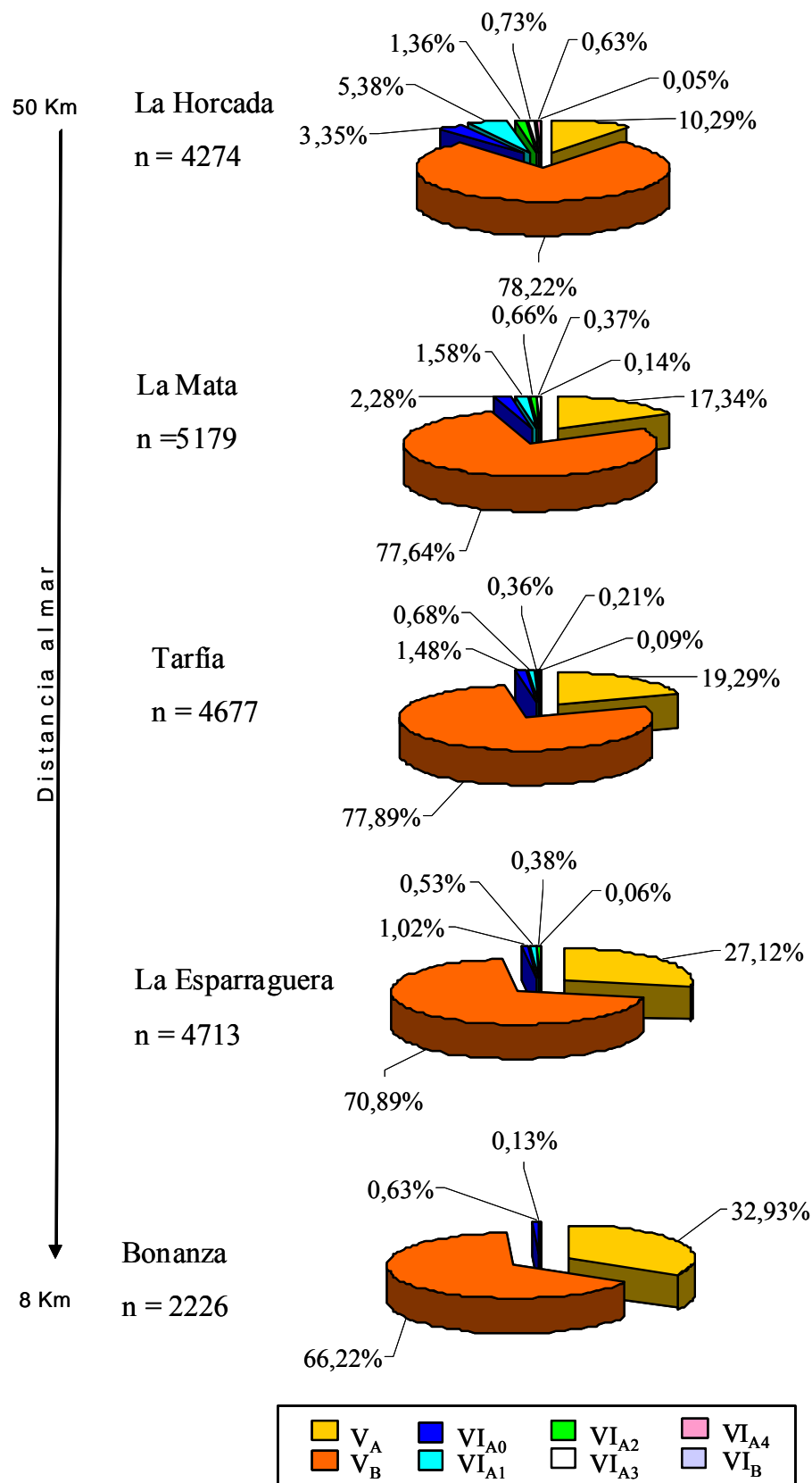
En ambos ciclos, el grado de pigmentación aumentó progresivamente desde el inicio al fin del periodo de reclutamiento, si bien el avance en la pigmentación fue más rápido en el primer ciclo (Figura 5).



**Figura 5.** Regresiones lineales del cambio estacional de los estados de pigmentación de las angulas durante el periodo de máximo reclutamiento en los dos ciclos de muestreo. (○) periodo máximo reclutamiento 97-98, (□) periodo máximo reclutamiento 98-99.

La evolución de los estados de pigmentación también mostró diferencias significativas entre las distintas localidades de estudio. A medida que se ascendió en el río, el número de angulas en los primeros estadios ( $V_A$ ,  $V_B$ ,  $VI_{A0}$ ,  $VI_{A1}$ ) disminuyó aumentando los más pigmentados ( $VI_{A2}$ ,  $VI_{A3}$ ,  $VI_{A4}$  y  $VI_B$ ) (Figura 6).

En ambos ciclos de muestreo, el estadio  $V_B$  fue el más abundante en todas las estaciones de estudio, con máximos en E1 (76,46% en el Ciclo 97-98 y 79,86% en el Ciclo 98-99) (Tabla I). Hubo una disminución espacial clara del estado  $V_A$  aguas arriba, al tiempo que incrementó el número de estadios más pigmentados (Tabla I). Este patrón espacial se repitió en los periodos de máximo reclutamiento.



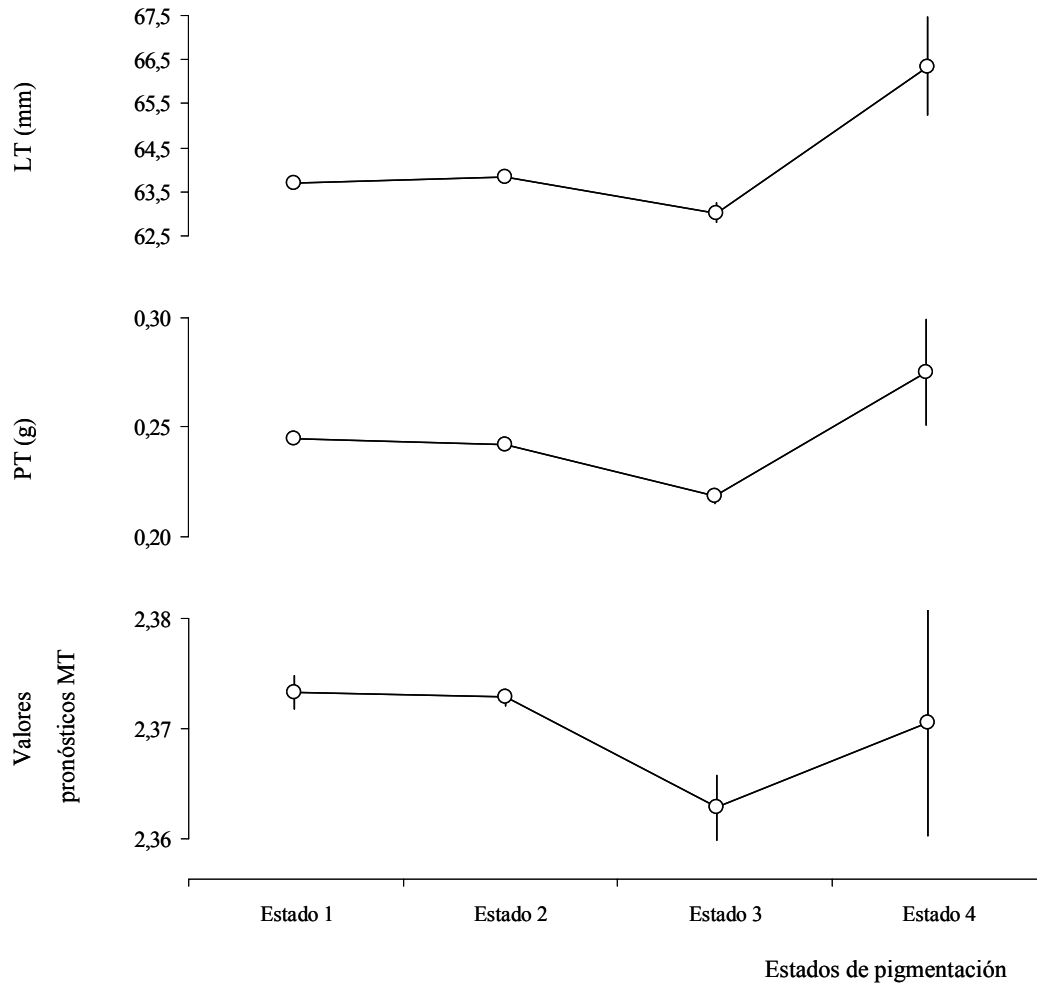
**Figura 6.** Variación espacial de los estados de pigmentación detectados en la totalidad del periodo de estudio.

**Tabla I.** Número de individuos capturados según su estado de maduración en cada estación de muestreo (E) durante los dos ciclos de estudio. Estado 1 ( $V_A$ ), Estado 2 ( $V_B$ ), Estado 3 ( $VI_{A0} + VI_{A1} + VI_{A2}$ ) y Estado 4 ( $VI_{A3} + VI_{A4} + VI_B$ ).

<b>Estados pigmentarios</b>	<b>Ciclo 97-98</b>				
	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>
<b>Estado 1</b>	163 (7,88 %)	248 (15,56 %)	318 (20,67 %)	1048 (29,40 %)	609 (36,15 %)
<b>Estado 2</b>	1582 (76,46 %)	1167 (73,21 %)	1150 (74,77 %)	2438 (68,39 %)	1214 (66,09 %)
<b>Estado 3</b>	295 (14,26 %)	168 (10,54 %)	60 (3,90 %)	78 (2,19 %)	13 (0,71 %)
<b>Estado 4</b>	29 (1,40 %)	11 (0,69 %)	10 (0,65 %)	1 (0,03 %)	1 (0,05 %)
<b>Estados pigmentarios</b>	<b>Ciclo 98-99</b>				
	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>
<b>Estado 1</b>	277 (12,56 %)	650 (18,12 %)	584 (18,60 %)	230 (20,26)	124 (31,88 %)
<b>Estado 2</b>	1761 (79,86 %)	2855 (79,61 %)	2493 (79,42 %)	890 (78,41)	260 (66,84 %)
<b>Estado 3</b>	136 (6,17 %)	66 (1,84 %)	58 (1,85 %)	13 (1,14)	4 (1,03 %)
<b>Estado 4</b>	31 (1,40 %)	15 (0,41 %)	4 (0,13 %)	2 (0,18 %)	1 (0,26 %)

### ***Tamaño, condición somática y estado de pigmentación.***

La longitud total, peso total (masa total) y condición somática mostraron diferencias significativas (ANOVA,  $p < 0,05$ ) en función del estado de pigmentación (Figura 7). Desde que los individuos entran en el estuario (Estados 1-3; Figura 7) se detecta un decremento en talla, masa y condición que se recupera con el inicio de la alimentación (Estado 4; Figura 7).

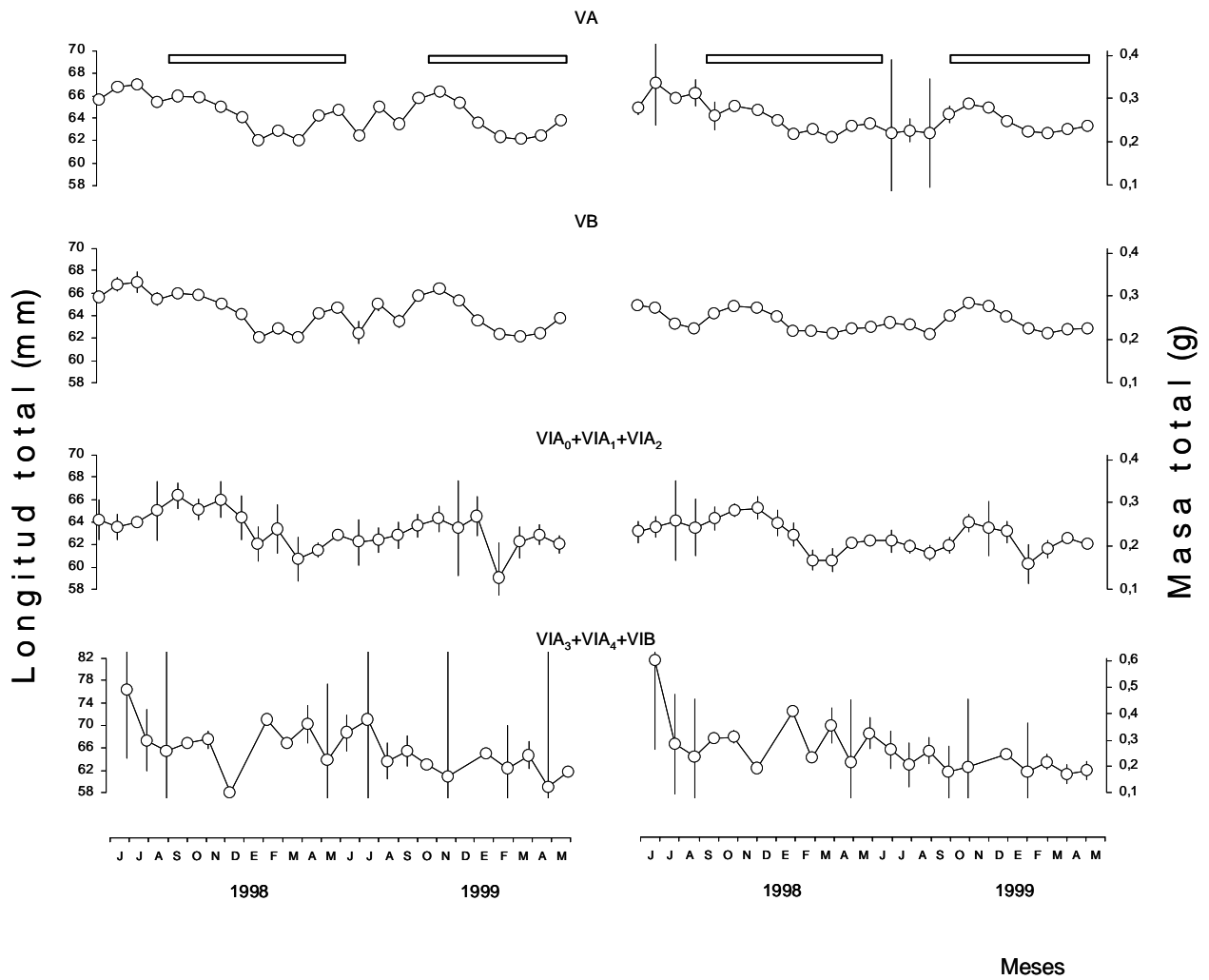


**Figura 7.** Longitud total (LT), Peso total (PT) e índice de condición somática (valores pronósticos MT) para cada estado de pigmentación. Estado 1 ( $V_A$ ), Estado 2 ( $V_B$ ), Estado 3 ( $VI_{A0} + VI_{A1} + VI_{A2}$ ) y Estado 4 ( $VI_{A3} + VI_{A4} + VI_B$ ).

La longitud y masa medias variaron significativamente (ANOVA;  $p < 0,05$ ) a lo largo del periodo de estudio en cada estado de pigmentación (Figura 8), mostrando una tendencia clara a disminuir durante el periodo de máximo reclutamiento (octubre a mayo). A su vez, se detectaron diferencias significativas (ANOVA;  $p < 0,05$ ) en los valores de longitud de los individuos entre ambos ciclos anuales en todos los estados de pigmentación, salvo la excepción del Estado 3 ( $VIA_0 + VIA_1 + VIA_2$ ) (ANOVA;  $p = 0,167$ ). En cuanto a la masa, las diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) entre los dos ciclos aparecieron en todos los estados de pigmentación.

Entre el periodo de máximo (octubre-mayo) y mínimo reclutamiento (junio-septiembre) hubo diferencias significativas (ANOVA;  $p < 0,001$ ) tanto en la longitud como en la masa sólo en los estados  $VA$  y  $VB$ .

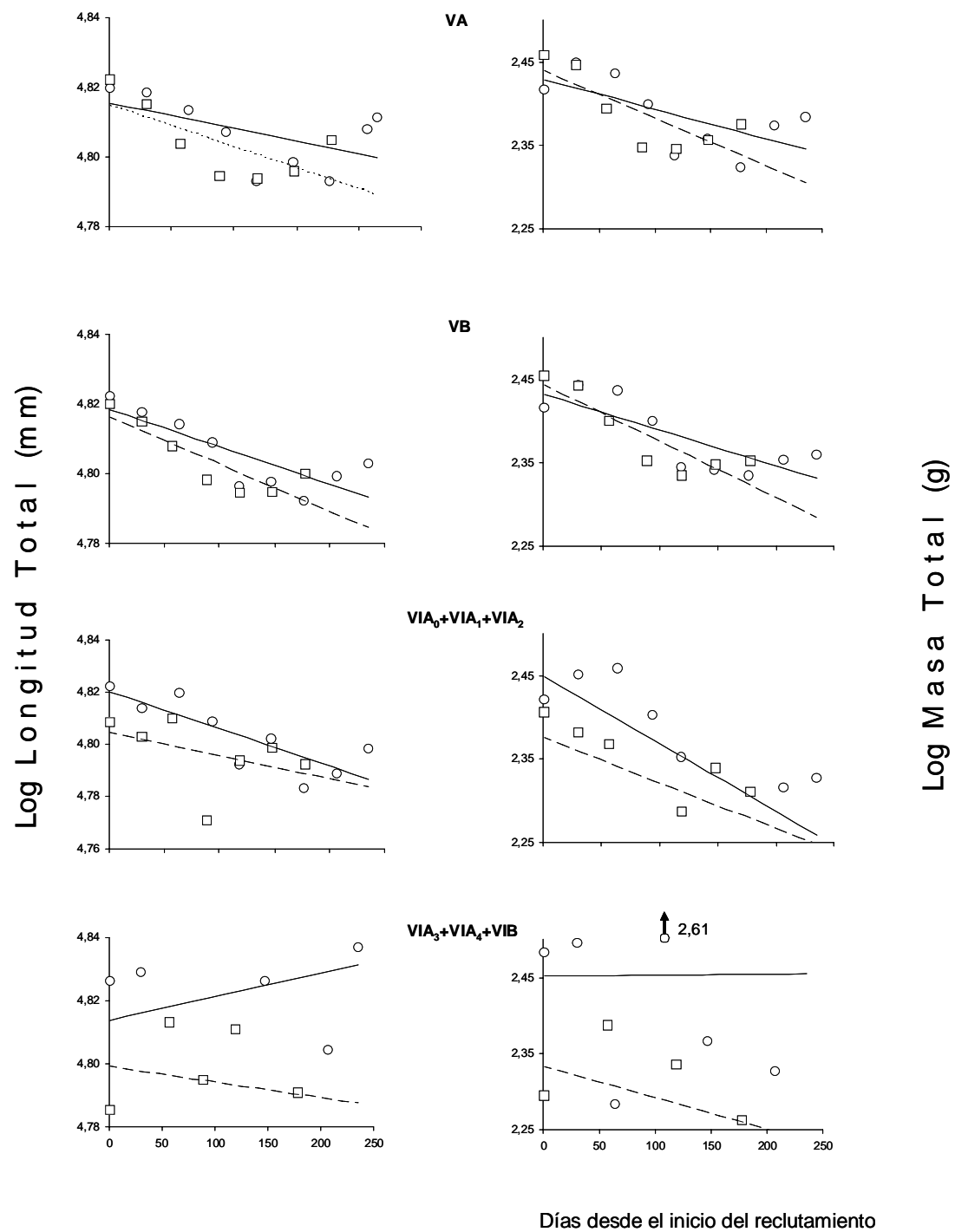




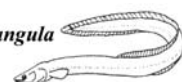
**Figura 8.** Variación temporal de la longitud y masa total medias para cada uno de los estados de pigmentación establecidos. Muestras mayores a 10 individuos para la totalidad del periodo de estudio, LC al 95%.  periodo de máximo reclutamiento.

Durante el periodo de máximo reclutamiento (octubre-mayo) del primer ciclo (97-98) la longitud y la masa disminuyeron significativamente (ANOVA;  $p < 0,001$ ) en todos los estados de pigmentación excepto en el Estado 4 ( $VI_{A3} + VI_{A4} + VI_B$ ) (masa, ANOVA,  $p = 0,781$ ; longitud, ANOVA,  $p = 0,592$ ) (Figura 9). Durante el periodo de máximo reclutamiento del segundo ciclo (98-99), la longitud declina significativamente en todos los estados de pigmentación excepto en el Estado 4 (ANOVA  $p = 0,991$ ), la masa presenta un decremento significativo en todos los estados (Figura 9).

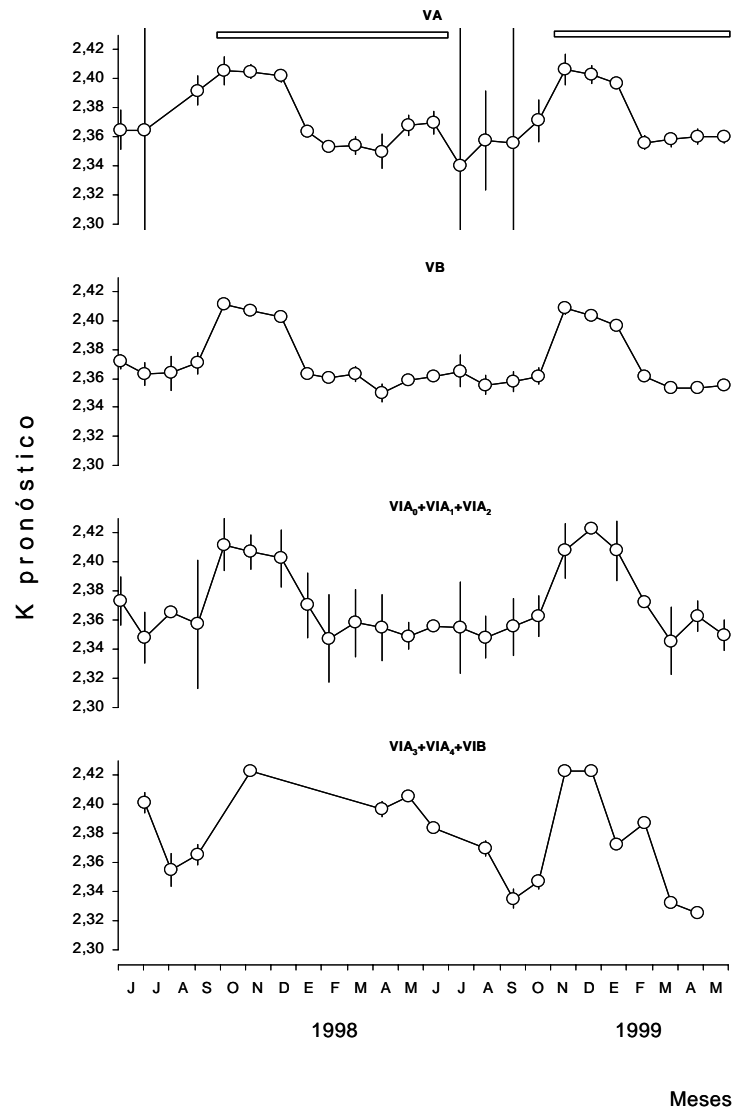




**Figura 9.** Regresiones lineales del cambio estacional en la longitud y la masa de las angulas para cada estado de pigmentación durante el periodo de máximo reclutamiento en el Estuario del Guadalquivir. (○.....) periodo máximo reclutamiento 97-98, (□——), periodo máximo reclutamiento 98-99.



Estacionalmente el índice de condición varió para cada estado de pigmentación siguiendo un claro patrón temporal, los valores fueron más elevados al inicio del periodo de reclutamiento máximo (octubre-mayo) y más bajos cuando el reclutamiento fue mínimo (junio-septiembre) (Figura 10).



**Figura 10.** Variación temporal del índice de condición medio para cada uno de los estados de maduración. Muestras mayores a 10 individuos para la totalidad del periodo de estudio, LC al 95%.   
 periodo de máximo reclutamiento.

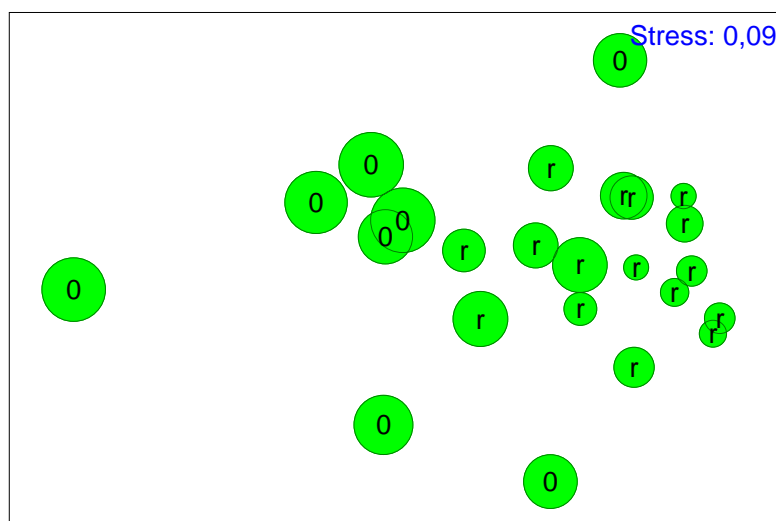
Las diferencias en el estado de condición entre los dos ciclos de estudio fueron menos marcadas que en la talla y masa. Hubo diferencias significativas (ANOVA;  $p < 0,001$ ) en la condición entre los periodos de máximo y mínimo reclutamiento de los Estados 2 y 4.

### ***Relación entre las variables ambientales y el estado de pigmentación.***

De acuerdo con el resultado del análisis BEST, la variable ambiental que mejor explicó los cambios observados en la abundancia de los estados pigmentarios fue la temperatura ( $p = 0,38$ ;  $p < 0,01$ ). Aunque la mejor combinación del análisis también incluyó a la turbidez, de este modo, el coeficiente de correlación entre la abundancia de los estados pigmentarios y temperatura-turbidez aumentó de forma significativa ( $p = 0,403$ ;  $p < 0,01$ ). Este papel dominante de la temperatura sobre la abundancia de los estados pigmentarios fue confirmado por el alto coeficiente de correlación ( $r = 0,86$ ;  $p < 0,01$ ) encontrado entre la temperatura y el primer eje de cada muestra en el análisis de ordenación MDS (Tabla IV y Figura 11). Los resultados confirman que es en verano cuando las angulas están más pigmentadas.

**Tabla IV.** Coeficiente de correlación de Sperman entre las variables ambientales y las coordenadas de las muestras para cada uno de los ejes de la ordenación MDS realizada con la abundancia de los estados pigmentarios ( $r$ , valores del coeficiente de correlación de Sperman;  $p$ , nivel de significación).

	<b>Temperatura</b>		<b>Salinidad</b>		<b>Turbidez</b>	
Eje 1	$r = -0,86$	$p < 0,05$	$r = -0,08$	$p > 0,05$	$r = 0,76$	$p < 0,05$
Eje 2	$r = 0,20$	$p > 0,05$	$r = 0,33$	$p > 0,05$	$r = -0,41$	$p < 0,05$



**Figura 11.** Ordenación MDS de la abundancia de los estados pigmentarios en el estuario del Guadalquivir. (r) periodo de máximo reclutamiento y (0) el periodo de mínimo reclutamiento.

#### **4.4. Discusión.**

En el Estuario del Guadalquivir se han detectado los 8 estados de pigmentación descritos comúnmente en la bibliografía para la especie *Anguilla anguilla* (Elie, 1979; Elie *et al.*, 1982; Grellier *et al.*, 1991). El patrón pigmentario constatado en nuestra zona, la más meridional de Europa estudiada hasta el momento presente, coincide con el detectado para la especie en otros estuarios europeos, e incluso con el descrito para *Anguilla rostrata*, una especie muy próxima a la anguila europea y que se reproduce en vecindad de esta (Tesch, 2003).

El aumento de la pigmentación observado durante los dos años de estudio y en los cinco puntos de muestreo conforme el periodo de reclutamiento avanzó se produjo posiblemente en respuesta a un aumento de temperatura y a una disminución de la salinidad. Experimentos de Strubberg (1913) con *A. anguilla* mostraron que la tasa de pigmentación aumentó a medida que lo hizo la temperatura. A su vez, Charlon y Blanc (1982) observaron un aumento de la pigmentación en angulas de sistemas acuáticos con temperaturas elevadas mientras que aquellas angulas que procedían de aguas costeras frías presentaban retrasos significativos en la pigmentación.

Jellyman (1977) consideró que el avance estacional en la pigmentación detectado en una zona estuárica era debido a que las últimas angulas que llegaban a las costas presentaban una fase postmetamórfica en el medio marino más larga que las primeras. Además también observó cómo estas últimas mostraban una respuesta positiva a las crecidas y salidas de agua dulce. Por otro lado, Martin (1995) detectó que las señales medioambientales que guiaban a las angulas cambiaban temporalmente a lo largo de una misma estación climática, siendo los incrementos de temperatura y la reducción del caudal lo que promovía la migración en la primera parte del periodo estacional, mientras que la influencia mareal conformaba la señal más importante al final de la estación.

El efecto de la salinidad sobre la pigmentación de las angulas es más difícil de reconocer debido a la continua variación de este parámetro por factores ambientales como las mareas (Briand *et al.*, 2004). Las variaciones de la salinidad en el estuario del Guadalquivir se presentan en los Capítulos III y V. La salinidad actúa

como un factor secundario que desacelera la pigmentación (Briand *et al.* 2005), de hecho altos niveles de salinidad han sido relacionados con estados menos pigmentados (Panu, 1929; Lecomte-Finiger, 1983; Briand *et al.*, 2004).

Las diferencias significativas observadas en el grado de pigmentación entre los dos ciclos anuales de estudio (97-98 y 98-99) se podrían explicar por las diferencias existentes entre factores abióticos (temperatura, salinidad, variaciones en turbidez y velocidad de la corriente), que son los que determinan la evolución de la pigmentación (Briand *et al.*, 2005). Este efecto de los factores ambientales también explicaría las diferencias observadas en el grado de pigmentación durante el periodo de máximo reclutamiento de los dos ciclos anuales estudiados en el estuario del Guadalquivir.

El aumento del grado de pigmentación que se produce a medida que ascendemos río arriba en el estuario del Guadalquivir podría estar relacionado con una disminución de la salinidad y un aumento de la temperatura. No obstante, este desarrollo en la pigmentación conforme nos adentramos en el sistema estuárico refleja el proceso de adaptación de la vida pelágica de la angula transparente a la vida bentónica de la angula pigmentada (Tesch, 2003). De este modo, el incremento de la pigmentación en las angulas detectadas entre Bonanza y la Horcada, probablemente condicionado por el aumento de la temperatura y la disminución de la salinidad, estaría reflejando el incremento de contacto con el sustrato en su estilo de vida.

La heterogeneidad observada en los estados pigmentarios al principio del periodo de máximo reclutamiento, ratifica la continuidad del reclutamiento en el tiempo ya confirmada con los estudios presentados en los Capítulos III y V. Esta continuidad se ve también confirmada con los resultados obtenidos para el estuario de Sebou (Marruecos-atlántico), donde las angulas de los estadios que comienzan a alimentarse (VI<sub>A2</sub>-VI<sub>B</sub>) capturadas en septiembre correspondían a individuos que llegaban en verano y se quedaban en la zona algunas semanas (Yahyaoui, 1988).

En el contexto del Guadalquivir, probablemente las altas temperaturas que existen en el estuario durante los meses estivales actúen como factor limitante, y detengan la migración aumentando por tanto el tiempo de residencia en el estuario; las angulas podrían permanecer en el estuario hasta que las temperaturas bajaran a un nivel óptimo para reiniciar la migración. Es sabido que a partir de 25° C (zona de tolerancia térmica) el comportamiento de la angula se modifica, las angulas buscan el

fondo y nadan cercanas al sustrato (Lecomte-Finiger, 1981), es decir su migración hacia el interior del estuario se ve favorecida.

Otro factor que podría explicar los resultados obtenidos en el estuario del Guadalquivir podría ser la presión pesquera. En estuarios donde la presión pesquera es alta durante el invierno, el número de individuos menos pigmentados ( $V_A$  y  $V_B$ ) detectado es mayor (Briand *et al.*, 2003), aspecto que se traduce en un tiempo de residencia en el estuario más corto; por el contrario, en verano cuando disminuye la presión pesquera, aumenta el número de individuos más pigmentados y el tiempo en que éstos son detectados (= tiempo de residencia mayor). De este modo, en un estuario sin presión pesquera, el tiempo de residencia tendría que ser mayor en invierno que en verano, ya que en verano las altas temperaturas obligarían a los individuos a situarse en el fondo.

El patrón estacional en la variabilidad en los estados pigmentarios refleja la plasticidad ecológica y del desarrollo de las angulas (Helfman *et al.*, 1987), aspecto que ha sido condicionado por la alta variabilidad medioambiental que se encuentra durante la migración.

En el Estuario del Guadalquivir se produce una disminución de masa, talla e índice de condición con el avance de la pigmentación. La disminución en masa suele relacionarse con el gasto metabólico de las reservas energéticas antes de empezar a alimentarse, aspecto que se ve directamente reflejado en el grado de pigmentación (estados que se alimentan:  $VI_{A3}$ ,  $VI_{A4}$ ,  $VI_B$ ) y está influenciado por un incremento estacional de la temperatura (Tesch, 1977; Cantrelle, 1981; Dutil *et al.*, 1989). A su vez, se ha observado que a un estado de pigmentación dado, la masa de la angula puede disminuir estacionalmente de una manera más consistente que la longitud, debido a que la disminución relativa de masa es mayor que de longitud.

La disminución temporal de longitud promedio de las angulas detectada en un estuario desde el inicio del reclutamiento o con el tiempo de permanencia en el estuario, normalmente ha sido relacionada con dos factores. Los experimentos de Struberg (1913) sugirieron que la disminución de la longitud con el avance de la pigmentación, es decir, con el tiempo de permanencia en el estuario, era debida a aumentos en la temperatura del agua. A su vez, varios autores (Struberg, 1923; Boëtius, 1976; Charlon y Blanc, 1982) han explicado esta disminución estacional de la longitud promedio de las angulas en un estuario en relación con el reclutamiento

continuo, atribuyendo dicha disminución a la menor longitud que progresivamente van presentando las últimas angulas que van llegando a la costa. Este último factor podría también explicar la disminución temporal que hemos detectado en el estuario del Guadalquivir, ya que hemos detectado disminución temporal de talla en todos los estados pigmentarios y, a su vez, la talla ha disminuido durante el reclutamiento en todas las localidades de estudio (ver capítulo III).

En cierta medida, la variabilidad que existe en la naturaleza en las tendencias estacionales de la talla y masa es lo que determina la presencia o ausencia de una disminución estacional del índice de condición (Wootton, 1998). En el estuario del Guadalquivir se produce una disminución tanto en la masa como en la talla en los primeros estados de pigmentación, aspecto que también se refleja en una disminución en su condición somática.

Finalmente, hemos observado que la variable ambiental que mejor explica los cambios observados en la abundancia de los diferentes estados pigmentarios en el estuario del Guadalquivir ha sido la temperatura. Este mismo resultado, es decir una relación directa con la temperatura del agua, se ha obtenido en los incrementos estacionales descritos para la pigmentación en otros estuarios (Strubberg, 1913; Charlon y Blanc, 1982). No obstante, el modelo realizado también incluiría a la turbidez, es decir, la mejor explicación relacionaría a la temperatura y la turbidez como las variables que mejor explican el incremento temporal en la pigmentación de las angulas desde su llegada al estuario.



## **4.5. Conclusiones.**

En relación con el patrón de variación temporal y espacial de la pigmentación o maduración de la angula en el estuario del río Guadalquivir, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- (1) En el Estuario del Guadalquivir se han detectados los 8 estados de pigmentación descritos comúnmente para la especie. A su vez, el proceso de pigmentación observado coincide con el de otros estuarios europeos.
- (2) Los estados de pigmentación más abundantes fueron el  $V_A$  y el  $V_B$ , si bien, a medida que avanzó el periodo de reclutamiento, los estados más pigmentados aumentaron su presencia. De este modo, las angulas presentes en verano se mostraron significativamente más pigmentadas que las detectadas en otoño.
- (3) Los factores ambientales determinaron la variación temporal de la pigmentación en los dos ciclos anuales. La variable ambiental que mejor explicó los cambios en la abundancia de los diferentes estados pigmentarios en el estuario del Guadalquivir fue la temperatura. Si bien, el poder explicativo aumentó al incluir en el modelo la turbidez del agua.
- (4) Espacialmente el grado de pigmentación incremento significativamente río arriba. El aumento de la temperatura del agua y la disminución de la salinidad podrían explicar este patrón espacial.
- (5) La masa, talla e índice de condición disminuyeron con el avance de la pigmentación. Existe un patrón específico de interacción entre la disminución estacional que se produce en la longitud en la angula y el incremento de la pigmentación. Las angulas transparentes no tienen actividad trófica, perdiendo por tanto masa e índice de condición, durante su migración río arriba, cuando alcanzan el estado de pigmentación  $VI_{A3}$  reanudan la ingesta de alimento, lo que queda reflejado en una recuperación de su masa, longitud y condición somática.



## 4.6. Bibliografía.

- Boëtius, J. (1976). Elvers, *Anguilla anguilla* and *Anguilla rostrata* from two Danish localities. Size, body weight, developmental stage and number of vertebrae related to time of ascent. *Meddelelser fra Danmarks Fiskeri-Og Havundersogelser. NY Serie 7*, 199-220.
- Böetius, I. and J. Böetius (1989). Ascending elvers, *Anguilla anguilla*, from five European localities. Analyses of pigmentation stages, condition, chemical composition and energy reserves. *Dana 7*, 1-12.
- Briand, C., D. Fatin, G. Fontenelle and E. Feunteun (2003). Estuarine and fluvial recruitment of European glass eel, *Anguilla anguilla*, in a exploited Atlantic estuary. *Fisheries Management and Ecology 10*, 377-384.
- Briand, C., D. Fatin et P. Lambert (2004). Effects de la température et de la salinité sur le développement de la pigmentation des civelles (*Anguilla anguilla*). *Cybium*, 28(3), 247-254.
- Briand, C., D. Fatin, E. Ciccotti and P. Lambert (2005). A stage-structured model to predict the effect of temperature and salinity on glass eel *Anguilla anguilla* pigmentation development. *Journal of Fish Biology 67*, 993-1009.
- Cantrelle, I. (1981). *Etude de la migration et de la pêche des civelles (Anguilla anguilla L.) dans l'estuaire de la Gironde*. Thèse, Université de Paris VI.
- Charlon, N. et J. M. Blanc (1982). Etude des civelles d'*Anguilla anguilla* L. dans la région du bassin de l'Adour. 1. Caractéristiques biométriques de longueur et de poids en fonction de la pigmentation. *Archiv für Hydrobiologie 93*, 238-255.
- Clarke, K. R., Gorley, R. N. (2006). PRIMER v6: User manual/Tutorial. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK.
- De Casamajor, M. N. (1998). Comportement migratoire de la civelle d'anguille (*Anguilla anguilla* L.) dans l'estuaire de l'Adour en fonction de la variabilité des conditions environnementales. Thèse de doctorat, université de Pau et des Pays de l'Adour, Pau.
- Deelder, C. L. (1984) Synopsis of biological data on the eel. FAO Fisheries Synopsis 80. FAO, Rome.
- Dutil, J. -D., M. Michaud and A. Giroux (1989). Seasonal and diel patterns of stream invasion by American eels (*Anguilla rostrata*) in the northern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Zoology 67*, 182-188.
- Elie, P., (1979). *Contribution à l'étude des montées de civelles d'Anguilla anguilla L. (poisson téléostéen anguilliforme) dans l'estuaire de la Loire : pêche, écologie, écophysiologie et élevage*. Thèse Univiversité de Rennes.
- Elie, P., R. Lecomte-Finiger, I. Cantrelle et N. Charlon (1982). Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* L. *Vie Milieu*, 32(3) 149-157.

- Gascuel, D. (1987). La civelle d'anguille dans l'estuaire de la Sèvre Niortaise: Biologie, Écologie, Exploitation. Publ. Départ. Halieutique, ENSA Rennes 4/1, 4/2.
- Gilson, G. (1908). L'anguille, sa reproduction, ses migrations et son intérêt économique en Belgique.- *Annales de la Societe royal Zoologique Malacological de Belgie* 43, 7-58.
- Grellier, P., J. Huet et Y. Desaunay (1991). *Stades pigmentaires de la civelle Anguilla anguilla (L.) dans les estuaries de la Loire et de la Vilaine*. Rapp. Ifremer, RIDRV- 91.14-RH/Nantes.
- Guerault, D., R. Lecomte-Finiger, Y. Desaunay, S. Biagianti, P. Beillois and P. Grellier (1991). *The glass eels arrivals in the Vilaine estuary (Northern Bay of Biscay) through the year 1990: demographic features and early life history*. EIFAC Working Party on Eel, Dublin, Ireland.
- Helfman, G. S., D. E. Facey and L. S. Hales (1987). Reproductive ecology of the American eel. *American Fisheries Society Symposium* 1:42-56.
- Jellyman, D. J. (1977). Invasion of a New Zealand freshwater by glass eels of two *Anguilla* spp. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 11, 193-209.
- Lecomte-Finiger, R. et C. Razouls, (1981). Influence des facteurs hydrologiques et météorologiques sur la migration anadrome des civelles dans le Golfe du Lion. *Cahiers du Laboratoire d'Hydrobiologie de Montereau* 12, 13-16.
- Martin, M. H. (1995). The effects of temperature, river flow and tidal Cycles on the onset of glass eel and elver migration into fresh water in the American eel. *Journal Fish of Biology* 46, 891-902.
- McGovern, P. and T. K. Mc Carthy (1992). Elvers migration in the River Corrib system, western Ireland. *Irish Fisheries Investigations Series A (Freshwater)* 36, 25-32.
- Panu, A. (1929a). Sur l'état de la pigmentation des jeunes civelles au moment de la montée. *Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie, Paris* 101, 1070-1071.
- Panu, A. (1929b). De l'influence de l'évolution du pigment mélanique sur l'état physiologique de la civelle. *Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie, Paris* 101, 641-643.
- Panu, A. (1929c). Sur l'influence des caractères physicochimiques du milieu sur l'évolution du pigment et l'état physiologique de l'Anguille. *Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie, Paris* 101, 279-281.
- Sloane, R. D. (1984). Upstream migration by young pigmented freshwater eels (*Anguilla australis*) in Tasmania. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 35, 61-73.
- Strubberg, A. C. (1913). The metamorphosis of elvers as influenced by outward conditions. *Meddelelser fra Kommissionen for Havundersoegelser. Serie: Fiskeri.*, 4: 1-11.
- Strubberg, A. C. (1923). Elvers from north and south Europe. *Report of the Danish Oceanographic Expedition Mediterranean* 3, 1-28.
- Tesch, F. W. (1977) The eel. Biology and management of anguillids eels. Chapman and Hall Ed., London.

- Tesch, F. -W. (2003). *The eel*. (Thorpe, J. E., ed.), 3<sup>rd</sup> ed. London: Blackwell Publishing.
- Vilter, V. (1942). Recherches sur la livrée pigmentaire de l'anguille. *Bulletin of the Museum History Natural Marseille*, 2, 101-235.
- Wilkinson, L., G. Blank and C. Gruber (1996). Desktop data analysis with SYSTAT. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Wootton, R. J. (1998). Ecology of Teleost Fishes (2<sup>nd</sup> Edition) Chapman & Hall. London.
- Yahyaoui A., (1988) Etude comparée des civelles d'anguilles (*Anguilla Anguilla*) Dans trois sites méridionaux (atlantique et méditerranéens). *Investigaciones Pesqueras* 52, 501-515.



# CAPÍTULO V

---

**Distribución espacio-temporal de la angula  
(*Anguilla anguilla* L., 1758) en un estuario  
europeo de clima mediterráneo: efectos de las  
variables ambientales.**



## **5.1. Introducción**

La anguila europea *Anguilla anguilla* (L., 1758) posee un ciclo de vida largo, complejo y en parte desconocido. Se supone que nace en la zona del Mar de los Sargazos limitada por los 22°N y 30°N y los 65°W y 48° W (Tesch, 1977). De ahí y utilizando las corrientes oceánicas se dirigen hacia las costas europeas y norteafricanas. Al final de esta migración transoceánica, la larva leptocéfalo se transforma en angula transparente y coloniza hábitats costeros, estuáricos y de agua dulce (Tzeng *et al.*, 1997, 2002; Tsukamoto y Arai, 2001; Jessop *et al.*, 2004; Daverat *et al.*, 2006), utilizando el transporte mareal para sus desplazamientos (McCleave y Kleckner, 1982; McCleave y Wippelhauser, 1987). En estos hábitats permanece un tiempo variable normalmente entre 3 y 15 años, hasta retornar al mar y dirigirse de nuevo al Mar de los Sargazos para su reproducción (Tesch, 1977).

La variación espacio-temporal de la abundancia y la influencia de factores hidrológicos y climáticos sobre la migración de las angulas han sido estudiadas ampliamente en el norte de Europa (Cantrelle, 1981; Desaunay *et al.*, 1987; Elie y Rigaud, 1984; Gascuel, 1987; Gascuel *et al.*, 1995), pero no en su zona más meridional, de la que existe muy escasa información. Así en las costas francesas atlánticas (Weber, 1986; Elie y Rochard, 1994; Gascuel *et al.*, 1995; Dasaunay y Guerault, 1997; de Casamajor *et al.*, 1999) y mediterráneas (Finiger, 1976; Lecomte-Finiger y Razouls, 1981; Gandolfi *et al.*, 1984; Cicotti *et al.*, 1995; Spyridoula *et al.*, 2008), varios autores señalan un periodo de reclutamiento que abarca invierno y primavera, mientras que en una zona muy meridional como es la Bahía de Cádiz, se detecta un máximo entre noviembre y enero, y otro de menor entidad, en junio (Arias y Drake, 1985). Estas variaciones serán más notables en tanto en cuanto se estudie y conozca mejor el comportamiento de la especie en estas zonas meridionales, necesarias en un taxon con tan amplia distribución en Europa.

Los factores ambientales de mayor influencia en la migración de la anguila son la fase lunar, el caudal, las mareas y la conductividad, salinidad y temperatura del agua (Creutzberg, 1958; Gascuel 1986; Elie y Rochard, 1994; Ciccotti *et al.*, 1995; White y Knights, 1997; De Casamajor *et al.*, 1999; Lecomte-Finiger y

Razouls, 1981; Jellyman y Lambert, 2003; Jessop, 2003; Bardonet *et al.*, 2005; Edeline *et al.*, 2005). No obstante, el mayor o menor efecto de estos factores ambientales sobre la migración de la angula varía según la localización y características de los estuarios, y también con el estado fisiológico de la especie (Elie y Rochard, 1994).

### ***Objetivos.***

El estudio presentado en este capítulo se centra en aportar datos sobre la variación espacial y temporal de la angula (*A. anguilla*) en su migración anádroma dentro del estuario del río Guadalquivir. Se presenta una información contrastable sobre los parámetros descriptores de ésta durante un periodo continuo de 10 años (junio de 1997 - diciembre de 2006). De este modo, los objetivos específicos planteados fueron:

- (1) Analizar su patrón temporal y espacial de abundancia en términos de densidad.
- (2) Determinar los periodos de reclutamiento máximo de la angula en el área de estudio.
- (3) Establecer las variables ambientales que mayormente condicionan la dinámica de abundancia de la angula en el estuario.



## 5.2. Material y métodos.

La captura de individuos se llevó a cabo con la misma metodología y en los tres puntos de muestreo más externos del estuario del Guadalquivir, ya descritos en el Capítulo II: Tarfía (E3), La Esparraguera (E4) y Bonanza (E5). En estas tres estaciones se calcularon las secciones del río tanto en marea alta como en baja para hacer un cálculo de los flujos de entrada y salida de angulas totales en la zona de estudio. Para ello se utilizaron dos equipos Leica® GPS System 500 mod. SR 530 en comunicación mediante radiofrecuencias trabajando con errores de posición, tanto en planimetría como en altura, que nunca superaron los 2 centímetros. Uno de los equipos se ubicó en la orilla actuando como receptor fijo y estación de referencia que registraba los datos de manera continua. El segundo se ubicó en una barca con ecosonda portátil de profundidad marca Eagle® mod FishEasy 245 DS. En cada sección calculada se tomaron dos mediciones perpendiculares al cauce del río lo más paralelas posibles, separadas entre sí unos diez metros, tomando mediciones de profundidad cada 3-5 metros. Los resultados se muestran en la Tabla I.

**Tabla I.** Longitud y superficie de la sección del río Guadalquivir en cada una de las estaciones de muestreo en dos momentos mareales diferentes.

	Longitud (m)		Superficie (m <sup>2</sup> )	
	Pleamar	Bajamar	Pleamar	Bajamar
Tarfía (E3)	403,62	361,28	2439,65	1660,25
La Esparraguera (E4)	523,03	486,65	3497,98	3013,62
Bonanza (E5)	728,04	713,42	4419,83	3737,62

Utilizando las medidas anteriores, junto con la superficie del arte de pesca y la duración, se estimó el número medio de angulas por hora que atravesaban la sección de cada punto de muestreo por marea. La diferencia entre el número de



angulas capturadas durante la creciente y la vaciante se utilizó como estima del flujo medio neto de angulas (positivo o negativa) en ese punto de muestreo.

Durante todo el periodo de muestreo, se realizó un seguimiento simultáneo de las variables ambientales consideradas *a priori* como condicionantes y explicativas de la dinámica de reclutamiento y distribución espacio-temporal de la especie en el estuario. Éstas fueron velocidad de la corriente (flujómetro HYDRO-BIOS® 430 110), salinidad (refractómetro ATAGO® S/MILL), temperatura (termómetro digital HANNA® HI-145) y turbidez del agua (turbidímetro HANNA® HI 93703). Las medidas se realizaron siempre al inicio de la recogida de cada muestra. Además, se recopiló información sobre el caudal mensual medio ( $\text{Hm}^3\text{mes}^{-1}$ ) del río suministrada por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir de la estación de aforos de Alcalá del Río ([www.chguadalquivir.es](http://www.chguadalquivir.es)). Lo mismo se hizo con la dirección y velocidad del viento, obtenidos en la estación meteorológica de la Base Naval de Rota suministradas por el Instituto Nacional de Meteorología, y con las precipitaciones medias mensuales ( $\text{l/m}^2$ ), medidas en la estación meteorológica de El Palacio (Parque Nacional de Doñana).

A partir de los datos de velocidad de la corriente, tiempo de pesca y superficie de apertura del arte de pesca, se estimó el volumen de agua filtrado en cada una de las pescas realizadas en los distintos puntos de muestreo. La abundancia se expresó mensualmente como número de individuos por unidad de volumen de agua filtrado ( $10^5 \text{ m}^3$ ) (ver más detalles en el Capítulo II).

### ***Análisis de los datos.***

La variación interanual de la densidad fue excluida expresando las densidades mensuales de cada año como porcentajes de la abundancia total de ese año; mientras que en el análisis de la distribución espacial de la densidad, se eliminaron las variaciones temporales (intermensuales e interanuales) expresando las densidades de cada una de las pescas de una misma campaña de muestreo como el porcentaje del número total de capturas de la correspondiente campaña de muestreo. Los datos se normalizaron utilizando la transformación  $\sqrt{x}$ . Análisis univariantes y bivariantes de la varianza (ANOVA) y de Tukey Unequal N HSD fueron los más comúnmente utilizados.

Las fluctuaciones mensuales de la densidad dentro del periodo de máximo reclutamiento (octubre-mayo) se redujeron extrayendo repetidas sub-muestras de los datos originales, así se estimaron varias densidades medias de angula excluyendo cada estima mensual una vez. Las medias anuales así estimadas fueron utilizadas para construir una matriz triangular de las diferencias entre cualquier par de medias anuales (dentro y entre años). Finalmente para ver si las diferencias entre años eran significativas, se hizo un test de permutaciones usando el test ANOSIM del programa PRIMER (Clarke y Warwick, 1994).

La relación temporal y espacial entre las variables ambientales y la densidad de angulas se analizó mediante análisis de regresión múltiple por pasos. En éste, una vez que se ha incluido en el modelo una variable independiente, todas aquellas otras variables, que están estrechamente relacionadas con ella y que, por tanto, no explican una cantidad adicional significativa de varianza de la variable dependiente, son excluidas automáticamente. De igual forma, las variables independientes que aún sin estar correlacionadas con las otras, tampoco explican una parte significativa de la varianza de la variable dependiente, son también excluidas. Las variables que lo requerían se transformaron utilizando la expresión  $\text{Log}_{(x+1)}$ .

Por último, se utilizó el análisis de series temporales, para analizar la evolución de la densidad durante las 119 campañas de muestreo, así como para poder estimar los patrones de periodicidad de los datos (periodograma) utilizando el paquete estadístico Statgraphics® (STSC Inc., Rockville, MD).

Mediante una exploración descriptiva, la serie temporal de la densidad de angulas se descompuso en sus distintas componentes: tendencia, variaciones estacionales, variaciones cíclicas y variaciones residuales. Para detectar la estacionalidad utilizamos el periodograma, una figura que transforma la serie temporal de su dominio natural (que es el tiempo) al dominio de las frecuencias (a los valores de la serie se les aplican transformaciones de Fourier). Se representan frecuencias en el eje X y amplitudes en el eje Y (Pérez, 2002). Si existe coincidencia en frecuencia en la serie de Fourier con el periodo-retardo de los datos aparecerá un valor elevado en la ordenada con lo que se podrá afirmar que hay estacionalidad con dicha frecuencia-periodo. Si no hay coincidencia no hay estacionalidad con los datos y el valor de la ordenada será pequeño.

En concreto, para la angula esta estacionalidad apareció a los 12 meses, indicando la existencia de un patrón de periodicidad anual. Por ello, para analizar la tendencia a largo plazo, se introdujo una estacionalidad de 12 meses. Es decir, cada valor se promedió con los seis anteriores y los seis posteriores para eliminar, en lo posible, el componente estacional.

La relación temporal entre la densidad de angulas y las variables del medio consideradas se analizaron de forma exploratoria utilizando el análisis de correlaciones cruzadas de series temporales. Cada retardo (lag) representa una diferencia de 1 mes, i.e., una correlación cruzada significativa a un retardo de +1 representa una correlación cruzada entre el grupo de medias de la densidad con el grupo de medias de la variable del medio considerada muestreada un mes antes, por el contrario una correlación cruzada significativa a un retardo de -1 representa una correlación cruzada entre el grupo de medias de la densidad con el grupo de medias de la variable del medio considerada muestreada un mes después.

La totalidad de valores promedios expuestos en el trabajo se presentan con los límites de confianza obtenidos al 95% (LC 95%).



### **5.3. Resultados.**

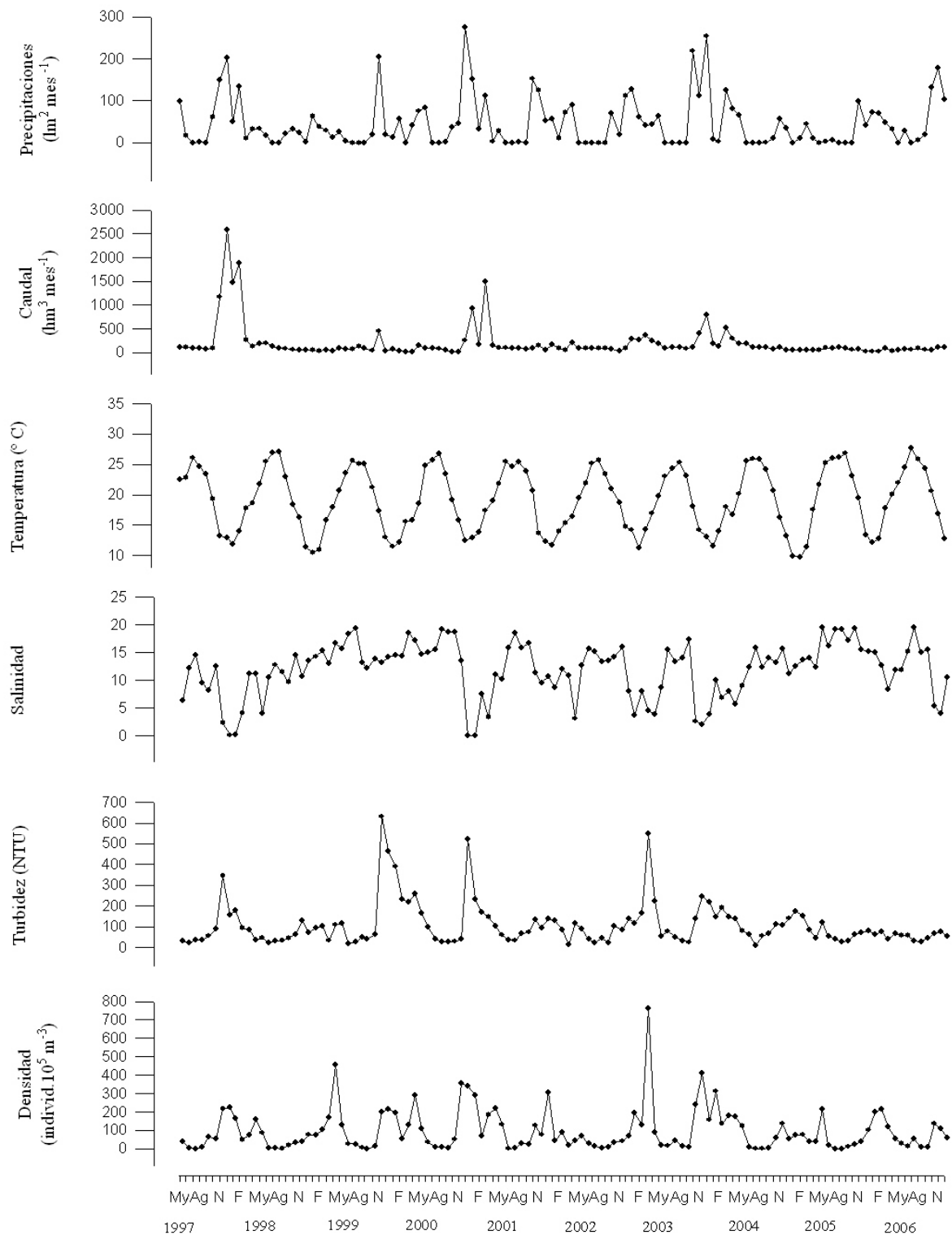
#### ***Condiciones ambientales del estuario.***

Como era de esperar para un periodo de tiempo tan dilatado como el que nos ocupa (junio de 1997-diciembre de 2006) las condiciones ambientales del Estuario del Guadalquivir sufrieron numerosas fluctuaciones (Figura 1). La temperatura del agua mostró un patrón estacional claro y estable, con mínimos en enero  $11,7 \pm 0,94$  °C y máximos en julio  $25,9 \pm 0,90$  °C, siendo el valor medio anual de  $19,2 \pm 0,28$  °C.

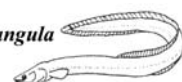
La salinidad mostró por el contrario un patrón estacional sólo en años lluviosos (1997-98 y 2000-2003), con mínimos en invierno y/o primavera y máximos en verano (Figura 1). El mínimo mensual se observó en enero ( $8,5 \pm 2,82$  g/l) y el máximo en julio ( $16,4 \pm 2,68$  g/l).

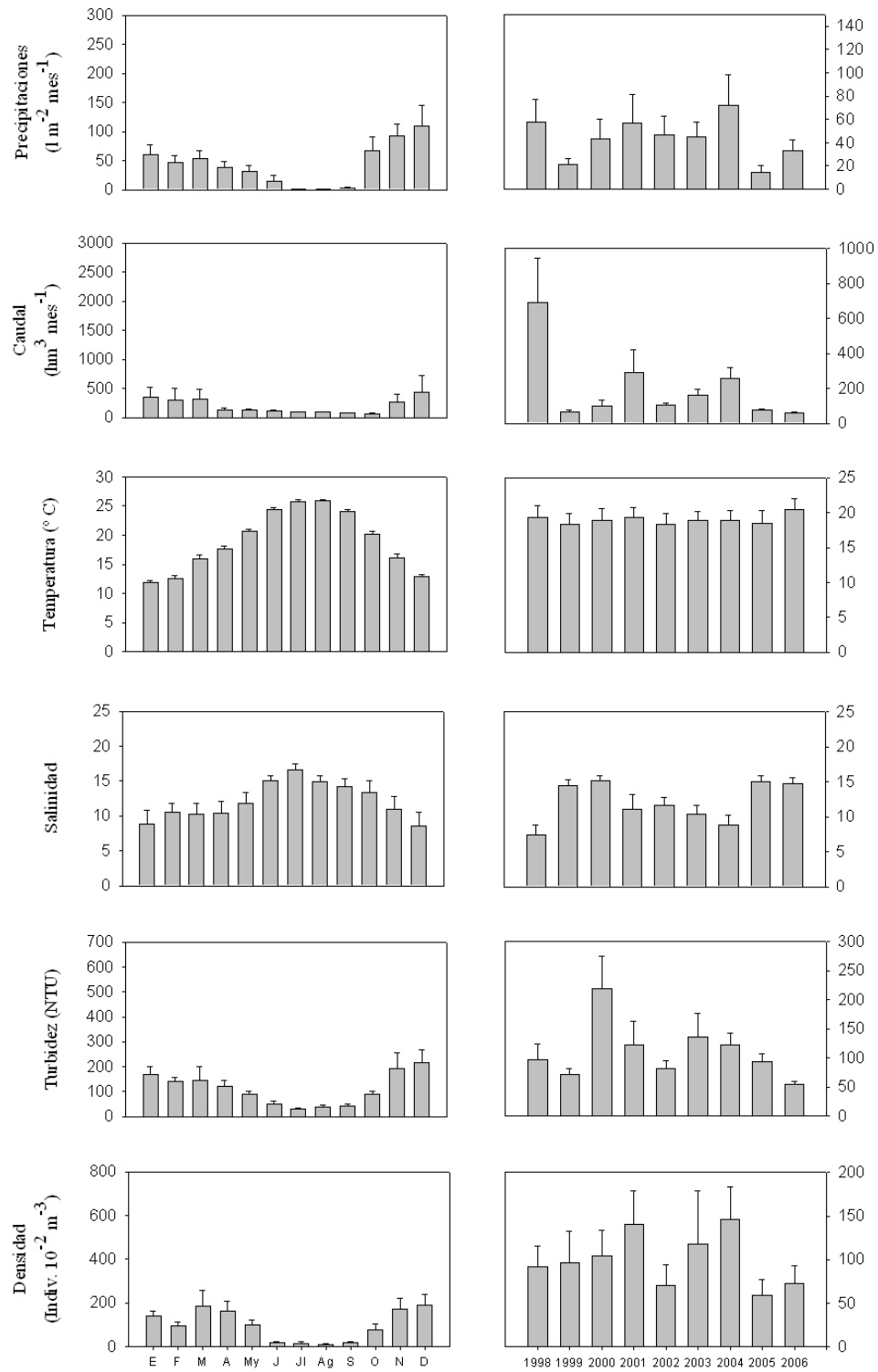
La turbidez no mostró estacionalidad alguna (Figura 1), si bien los mínimos se registraron en verano y los máximos en invierno y/o primavera, coincidiendo con precipitaciones y desembalses. El mínimo se observó en julio ( $30,9 \pm 56,19$  NTU) y el máximo en diciembre ( $198,4 \pm 58,93$  NTU). La turbidez media anual del agua del estuario fue de  $103,3 \pm 6,72$  NTU.

El periodo más estable, con una variación interanual moderada en las condiciones ambientales, coincidió con temperaturas elevadas, baja turbidez y elevada salinidad del agua (Figura 2); mientras que desde final de otoño hasta principios de primavera la inestabilidad fue acusada con cambios mensuales y anuales en las variables consideradas.



**Figura 1.** Precipitaciones, caudales mensuales, temperatura, salinidad, turbidez y densidad de angulas (*A. anguilla*) en el estuario del Guadalquivir durante el periodo de estudio considerado.





**Figura 2.** Valores medios mensuales (izquierda) y anuales (derecha) (+ error estándar) de las precipitaciones, caudal, temperatura, salinidad, turbidez y densidad de angulas (*A. anguilla*) en el estuario del Guadalquivir a lo largo del periodo de estudio (junio 1997-diciembre 2006).

### ***Cambios temporales en la densidad de angulas.***

El reclutamiento de angulas en el estuario del Guadalquivir tuvo lugar durante todo el año, si bien se pudo detectar un periodo de máximo reclutamiento de octubre a mayo y otro considerablemente menor de abril a septiembre. El máximo reclutamiento ocurrió durante el periodo de mayor turbidez y menor salinidad y temperatura (Figura 1).

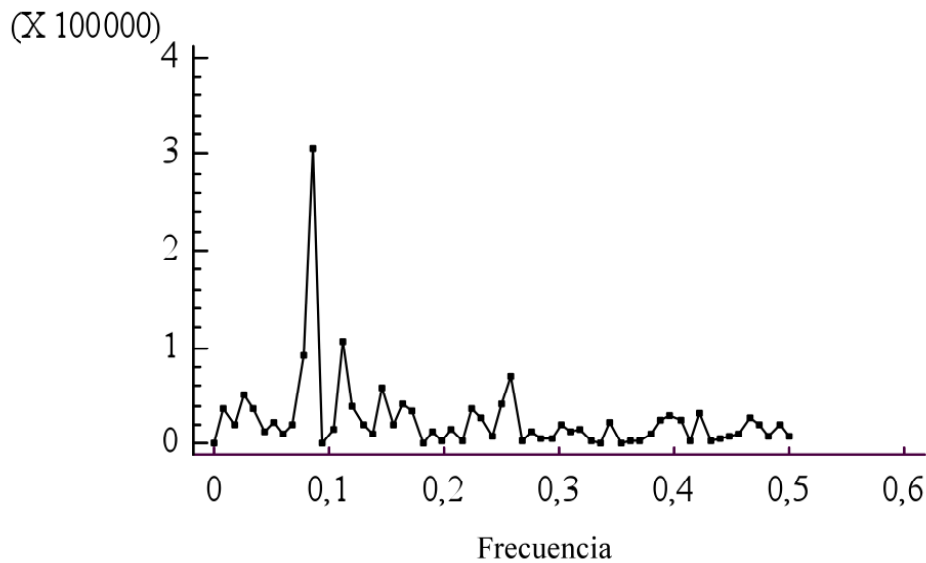
El reclutamiento medio anual de angulas mostró diferencias significativas (ANOSIM,  $p < 0.05$ ; Tabla II) entre los distintos años con máximos en 2001 ( $202,07 \pm 133,439$ ) y mínimos en 2004 ( $86,86 \pm 49,712$ ). En general, los años de menor reclutamiento coincidieron con turbidez baja o moderada (Figura 2).

**Tabla II.** Resultados del test de permutaciones (ANOSIM) utilizado para analizar las diferencias interanuales de la densidad media de angulas a lo largo del periodo de estudio considerado (1997-2005). R, valor global del estadístico; p, nivel de significación.

Variable	R	p	Test de Permutaciones
Año	0,638	< 0,01	<u>04=01=05</u> < <u>97=98</u> <99<02< <u>03=00</u>

El periodograma detectó un máximo correspondiente a una periodicidad anual, cada 12 meses (Figura 3). Una vez suavizada la curva con el intervalo temporal de 12 meses, la línea de tendencia se mantuvo estable a lo largo del periodo de estudio (Figura 4).





**Figura 3.** Periodicidad de la serie temporal de la angula (*A. anguilla*) en el estuario del Guadalquivir. El máximo se corresponde con un ciclo de 12 meses.

La correlación cruzada entre la densidad de angula y las condiciones ambientales del estuario fue significativa ( $p < 0,01$ ) y negativa con la temperatura (- 0,4304) y la salinidad (- 0,4489), al tiempo que positiva con la turbidez (0,6464) del agua. Además, los máximos valores de correlación entre la densidad y estas variables correspondió a un retardo temporal de 0 meses en el caso de la temperatura y turbidez del agua (correlación con temperatura y turbidez del mismo mes) y de -1 mes en el de la salinidad (salinidad en el mes previo).

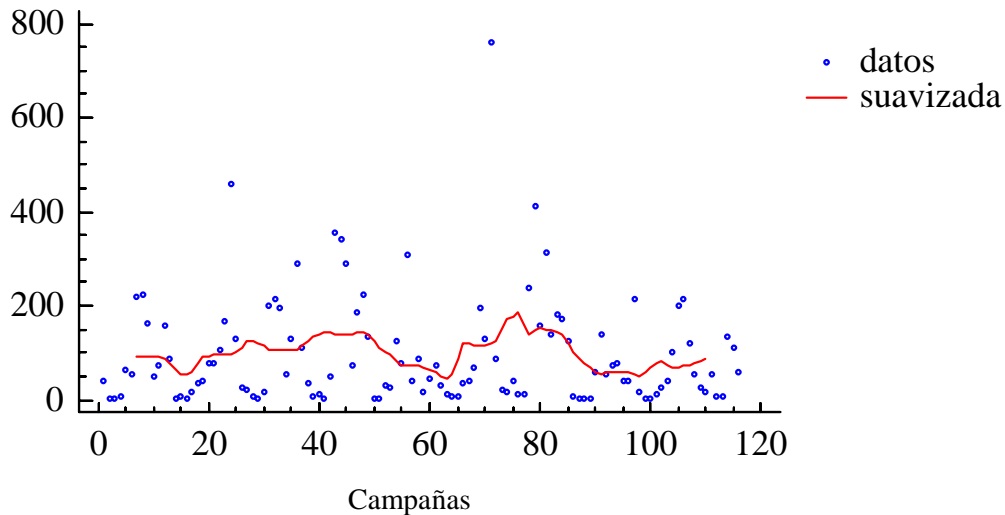
Un análisis de regresión por pasos detectó que las variables con mayor efecto sobre los cambios temporales de la densidad (D) de la angula en el estuario fueron la turbidez del agua (T), las precipitaciones en la zona durante los 15 días antes del muestreo ( $P_{15}$ ) y la temperatura del agua ( $T^a$ ), de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{Log } D = 3,22 + 0,04 \text{ Log } P_{15} + 0,068 \text{ Log } T - 0,12 T^a$$

De acuerdo con este modelo de regresión, las mayores densidades ocurrieron en el momento más frío, alta turbidez del agua y elevadas precipitaciones en la zona



del estuario. En conjunto, el modelo explicó el 62,62% de la varianza total de la variable dependiente.



**Figura 4.** Tendencia en la serie temporal de la abundancia de la angula (*A. anguilla*) en el estuario del Guadalquivir.

Cuando este mismo análisis se realizó sólo para el periodo de máximo reclutamiento (octubre-mayo), el modelo final incluyó las variables de salinidad (S) y turbidez del agua (T) de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{Log D} = 2,59 - 0,05 \text{ S} + 0,55 \text{ Log T}$$

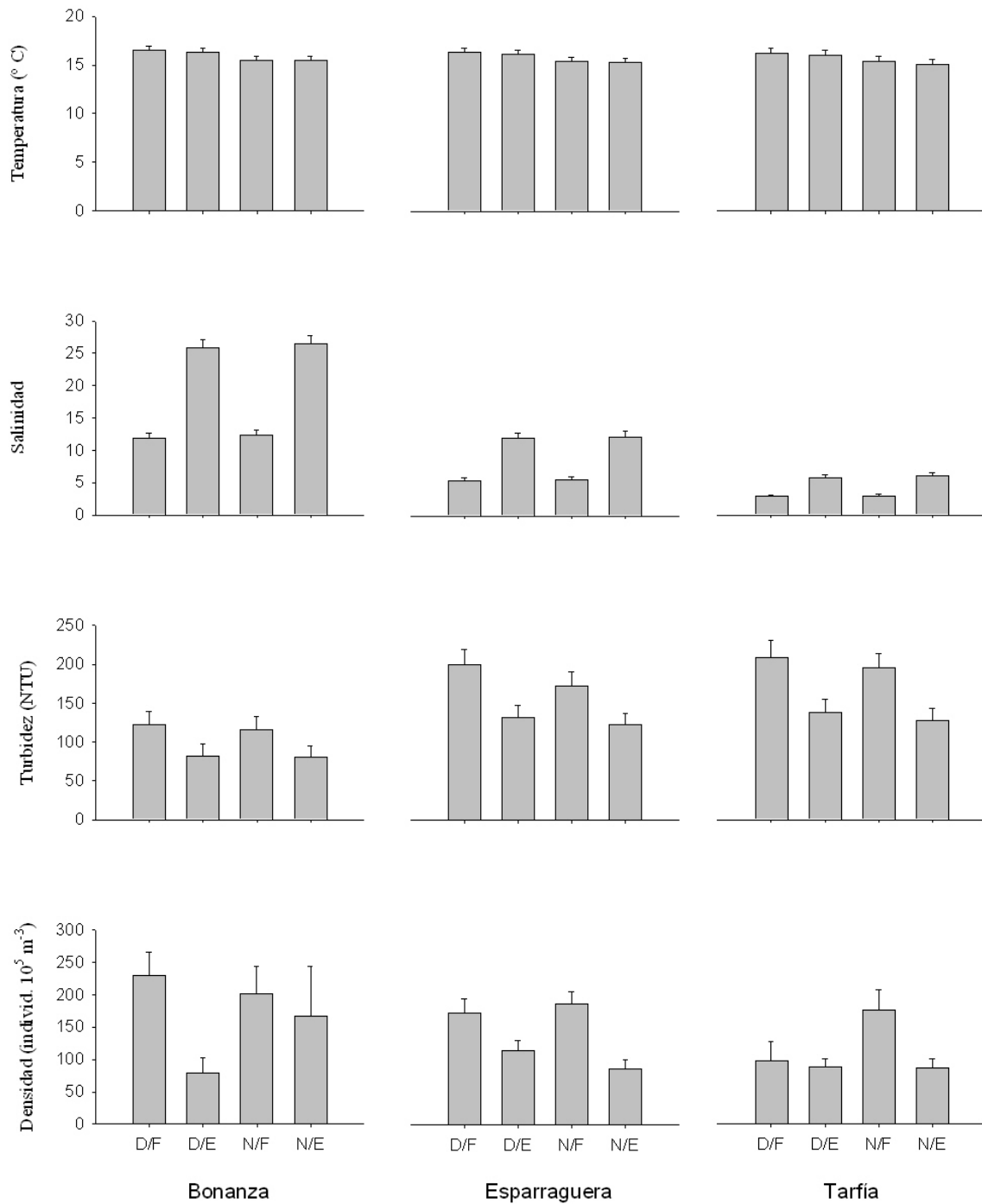
Es decir, las mayores densidades se observaron en los periodos de menor salinidad y mayor turbidez. El modelo explicó el 34,62% de la varianza total de la variable dependiente.

### ***Patrón espacial.***

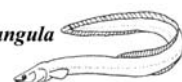
No hubo diferencias significativas (ANOVA,  $p > 0,05$ ) en la temperatura del agua entre día/noche, mareas (creciente/vaciante) o estaciones (Figura 5). No ocurrió lo mismo con la salinidad que mostró un claro patrón espacial con valores medios significativamente (ANOVA,  $p < 0,05$ ) más bajos en la estación más alejada de la desembocadura (Tarfía:  $4,40 \pm 0,393$ ) y más elevados en la más próxima (Bonanza:  $19,17 \pm 1,292$ ). Además también hubo diferencias significativas (ANOVA,  $p < 0,05$ ) en los diferentes momentos mareales dentro de cada estación, siendo mayor la salinidad media en vaciante que en creciente (Figura 5). Esta aparente incongruencia (más salinidad en vaciante que en creciente) se debe al método de muestreo. Dado que las variables ambientales se tomaron al inicio de cada marea, los valores fisico-químicos representan en realidad las características de la marea inmediatamente anterior.

La turbidez fue máxima en las dos estaciones más alejadas de la desembocadura y significativamente diferentes (ANOVA,  $p < 0,05$ ) de la más próxima a ella (Figura 6). Igualmente hubo diferencias significativas (ANOVA,  $p < 0,05$ ) en función del momento mareal siendo más elevada durante las crecientes que durante las vaciantes por la misma razón que la apuntada para la salinidad.

Aunque hubo diferencias significativas (ANOVA,  $p < 0,05$ ; Tabla I) entre las capturas realizadas en los distintos sitios dependiendo de la situación mareal y el momento del día, no se pudo observar un claro patrón de entrada de angulas en relación con estos parámetros. Aparentemente cada estación de muestreo funcionó de forma diferente siendo las dos más próximas a la desembocadura las que mostraron mayor similitud. En ambas, hubo un mayor flujo de entrada de angulas durante las crecientes con un patrón más claro en la estación intermedia (La Esparraguera, E4). En la más próxima a la desembocadura (E5) también entraron más angulas durante las crecientes, pero hubo mayor actividad durante la noche que durante el día, independientemente de las mareas (Figura 6). En Tarfía, (E3), a casi 40 km de la desembocadura, el comportamiento migratorio de la angula cambia siendo significativamente más activo durante las mareas crecientes nocturnas (Figura 5).



**Figura 5.** Valores medios anuales (+ error estándar) de la temperatura, salinidad, turbidez y densidad de angulas (*A. anguilla*) durante el periodo de reclutamiento en las distintas estaciones de muestreo y situaciones de luz y marea (D/F= diurna creciente; D/E= diurna vaciante; N/F= nocturna creciente; N/E= nocturna vaciante).



**Tabla I.** ANOVAs de una y dos vías utilizados para testar diferencias mensuales y espaciales/día-noche/mareales, observadas en la densidad de angulas a lo largo del periodo de estudio considerado en el Estuario del Guadalquivir. Letras iguales de los subíndices indican grupos estadísticamente homogéneos. Mareas: D/F= diurna creciente; D/E= diurna vaciante; N/F= nocturna creciente; N/E= nocturna vaciante.

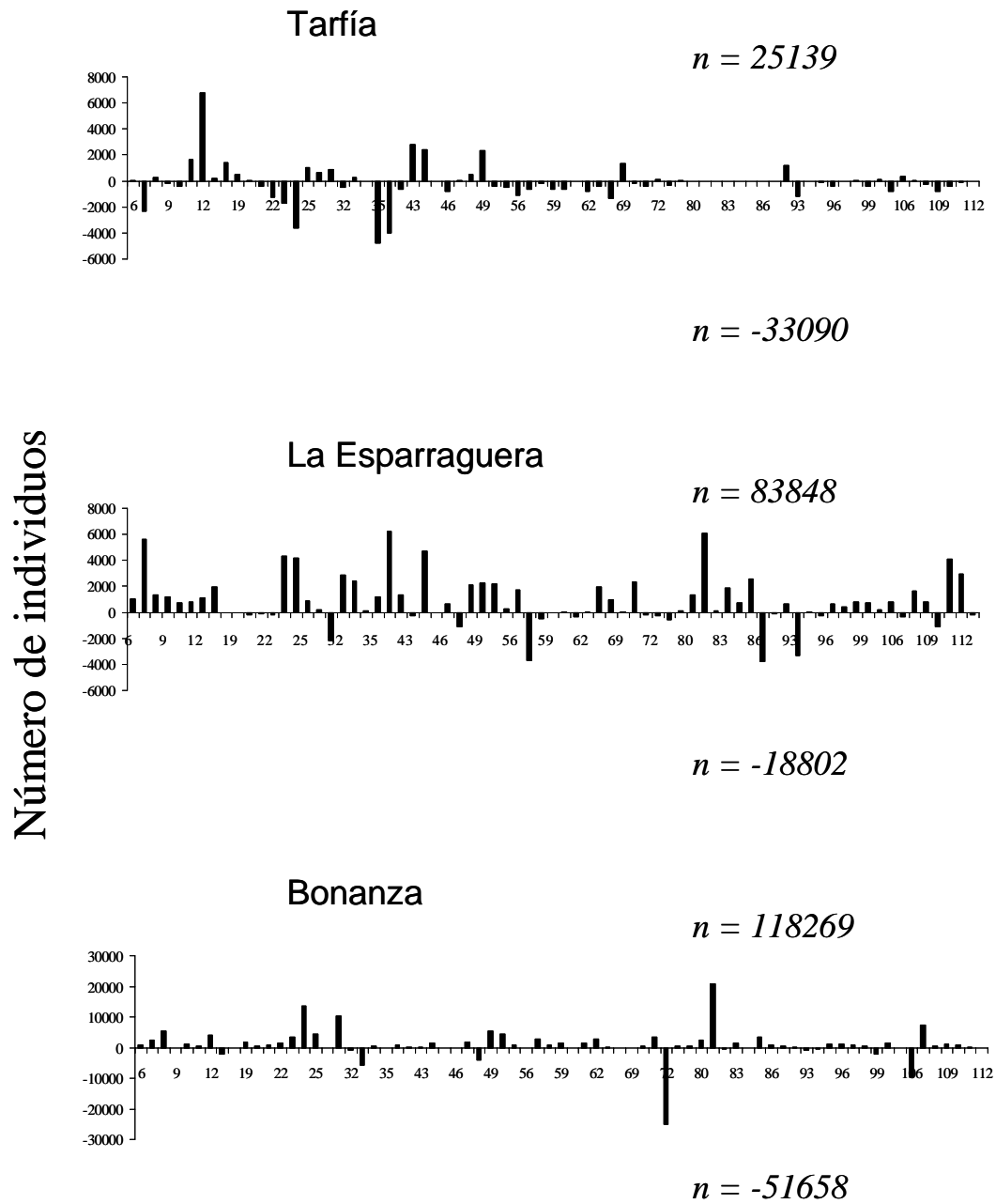
Variable	df	MS	p	Test de Tukey
<b>Temporal</b>				
Mes	11	438,31	< 0,001	12 <sub>a</sub> <11 <sub>a</sub> <3 <sub>a</sub> <4 <sub>a</sub> <1 <sub>a</sub> <2 <sub>ab</sub> <5 <sub>ab</sub> <10 <sub>abc</sub> <6 <sub>bc</sub>
Residuos	96	44,94		<9 <sub>bc</sub> <7 <sub>c</sub> <8 <sub>c</sub>
<b>Día-noche/ creciente/vaciante – espacial</b>				
sitio	2	1014,65	< 0,001	20 < 32 < 8
Día-noche/mareal	3	1920,66	< 0,001	N/F < D/F < D/E < N/E
Interacción	6	446,41	< 0,001	34 <sub>a</sub> <33 <sub>ab</sub> <14 <sub>abc</sub> <15 <sub>abcd</sub> <23 <sub>bcde</sub> <35 <sub>cde</sub> <
Residuos	740			24 <sub>de</sub> <43 <sub>de</sub> <13 <sub>def</sub> <44 <sub>ef</sub> <45 <sub>ef</sub> <25 <sub>g</sub>

El modelo de regresión seleccionó la salinidad (S), temperatura (T<sup>a</sup>) y turbidez (T) como las variables con significación directa en los cambios de densidad (D) de angulas según la expresión:

$$\text{Log D} = 3,38 - 0,36 \text{ S} - 0,06 \text{ T}^a + 0,41 \text{ Log T}$$

De acuerdo con este modelo de regresión las mayores densidades se capturaron en las estaciones donde la temperatura y la salinidad fueron más bajas y la turbidez más elevada. Con todo, aunque estadísticamente significativo ( $p < 0,001$ ), el modelo sólo explicó el 17,72 % de la varianza total de la variable dependiente.

El tanto por ciento de campañas de muestreo que mostraron un flujo positivo de angulas disminuyó río arriba, siendo de 80,8% en la más externa (E5), de 69,9% en la intermedia (E4) y de 46,6% en la más interna y alejada de la desembocadura (E3) (Figura 6). Por estaciones, el flujo neto fue positivo en las dos más externas (E5 y E4) y negativo en la más interna (E3) (Figura 6).



**Figura 6.** Flujo neto de angulas (diferencias entre las capturadas en marea creciente y vaciante) durante el periodo de máximo reclutamiento en las distintas estaciones de muestreo en el estuario del Guadalquivir a lo largo del periodo de tiempo considerado.

## **5.4. Discusión.**

A lo largo del periodo de tiempo considerado en este estudio, el reclutamiento de angulas en el estuario del Guadalquivir fue continuo durante todo el año con máximos de entrada en invierno y primavera, y mínimos en verano. El mismo patrón se ha observado en otras zonas atlánticas de Portugal (Bessa y Castro, 1995; Domingos, 1992; Weber, 1986), norte de España (Gandolfi-Hornyold, 1931; Lara, 1994) o Francia (Charlon y Blanc, 1982; Guérault *et al.*, 1992; Désaunay *et al.*, 1996). Este patrón de reclutamiento sugiere la existencia de una única cohorte cada año (Desaunay *et al.*, 1996), con un periodo reproductor muy largo y escalonado en el tiempo (Boetius y Harding, 1985), cuyo máximo reproductivo de primavera se correspondería con el máximo migratorio de invierno (Desaunay y Guerault, 1997).

El máximo anual de abundancia observado en el estuario del Guadalquivir fluctuó entre diciembre y marzo según los años; variabilidad que pudo deberse a epifenómenos locales que enmascararían la dinámica oceánica (Elie y Rochard, 1994).

En el estuario del Guadalquivir, las mayores densidades de angula se observaron durante el periodo más frío y coincidiendo con momentos de alta turbidez y precipitaciones en el estuario. La temperatura del agua es considerada como la variable principal en el control de la migración (Martin 1995; White y Knights, 1997), siendo numerosos los estudios que indican que la migración y el reclutamiento de las angulas están negativamente correlacionadas con la temperatura (Elie 1979; Cantrelle, 1981; Gascuel, 1986; Vollestad y Jonsson, 1988; McGovern y McCarthy, 1992; Elie y Richard, 1994; Martin, 1995; Jessop, 2003); es decir, al igual que ocurre en el estuario del Guadalquivir, también en otros estuarios a temperaturas bajas se producen mayores capturas de angulas, sugiriendo un componente ambiental en el control del comportamiento de la migración.

En los estuarios, las precipitaciones suelen ir asociadas a un aumento del caudal del río, así como a una disminución de la salinidad y un aumento de la turbidez de sus aguas. En el caso de las angulas, Jellyman y Ryan (1983) encontraron una relación entre el caudal del río y la migración de estas; y Gandolfi *et al.* (1984) sugirió que un incremento en el caudal podría tener influencia sobre la migración río arriba, pero sin llegar a ninguna conclusión.

En el estuario del Guadalquivir, las capturas de angula son mayores cuando el agua está más turbia, lo que ocurre en invierno coincidiendo con un cambio del régimen hidrológico debido a las precipitaciones. Además, generalmente las capturas nocturnas son más elevadas que las diurnas. Sin embargo, en el estuario de la Gironde (Francia), que es extremadamente turbio, las capturas elevadas tienen lugar también durante el día. Según Gandolfi *et al.*, (1984), se produce un incremento en la proporción de capturas noche/día en el transcurso de la pigmentación de las angulas. Observación que podría estar relacionada con un incremento en la turbidez del agua del río Arno durante el invierno, cuando los estados menos pigmentados son más abundantes. Por lo tanto, en estuarios con alta turbidez, el transporte de las angulas ocurriría tanto de día como de noche, lo cual implicaría dos periodos de transporte por cada 24h horas (Bardonnet *et al.*, 2005).

Las angulas nadan por reotropismo positivo en dirección a las aguas con menor salinidad (Fontaine y Callamand, 1941; Vilter, 1946; Sylvest 1931 *in* Bertin, 1951; Tosi *et al.*, 1989). Este comportamiento podría verse amplificado por la existencia de un olor en agua dulce (Creutzberg, 1961) que se debe a la presencia de anguilas (Miles 1968, *in* Yahyaqui, 1983) o de geosmina (Tosi y Sola, 1993) en las aguas continentales.

No obstante, el efecto de la salinidad sobre el reclutamiento de las angulas varía según los autores. Para Deelder (1960), los gradientes de salinidad no tienen influencia sobre la migración de la angula, mientras que para Creutzberg (1961) las angulas buscan el agua dulce. Según Edeline *et al.*, 2006, la elección entre agua salada y dulce tiene que ver con el índice de condición y con la fecha de llegada de las angulas a la plataforma continental.

A medida que se asciende en el en el estuario del Guadalquivir, el flujo neto de entrada de angulas disminuye, al tiempo que el de salida aumenta.

Las angulas utilizan la marea como vector de migración (Deelder, 1952, 1958, 1960; Creutzberg, 1958, 1959, 1961; Ovchinnikov y Cleyzer, 1973, Gascuel, 1986), habiéndose observado que las capturas de angulas en la superficie y a profundidad media pueden ser de dos a diez veces más altas en marea creciente que en vaciante (Creutzberg, 1961). Sin embargo, mientras que una ligera corriente fluvial puede facilitar la migración de las angulas río arriba (reotropismo positivo) (Deelder, 1958), una fuerte corriente fluvial, que disminuye la velocidad de la marea creciente y

aumenta la de la vaciante, puede actuar como un bloqueador de la migración (Elie y Rochard, 1994).

En el Estuario del Guadalquivir, aunque las densidades de angulas son generalmente mayores cuando las mareas son crecientes, se observa una disminución en las capturas de las crecientes diurnas a medida que ascendemos río arriba. Esta disminución puede ser explicada por un cambio en el comportamiento migratorio de la angula. Cuando entran las angulas al estuario están poco pigmentadas y todavía no han adquirido el carácter lucífugo, por lo que son capturadas también durante el día. En ese momento, un fuerte instinto migratorio y la falta de pigmentación mejora la actividad de los individuos durante el día (Gandolfi *et al.*, 1984). A medida que las angulas van ascendiendo río arriba, se pigmentan, y adquieren un comportamiento más lucífugo y, por ello, se capturan menos de día.

En las zonas salobres, durante la marea vaciante las angulas se entierran en el fondo de forma parcial, como muestran las capturas de angulas durante la marea vaciante en la zona baja del estuario del Loira (Elie, 1979) y de la Gironde (Cantrelle, 1981). Este comportamiento contrasta con el observado en los sectores mareales de agua dulce, en los que las angulas se entierran de forma total y sistemática (Gascuel, 1987). En nuestra zona de estudio (aguas salobres), las angulas están también en la columna de agua durante la marea vaciante, aunque por término medio en menor densidad. Esta diferencia entre el comportamiento de las angulas en zonas de agua dulce y salobre también traduce en una diferente distribución vertical en la columna de agua durante la marea creciente (McCleave y Klecner, 1982; McCleave *et al.*, 1987).

Deelder (1952), por el contrario, no encontró relación entre las capturas de angulas y el estado de la marea, ya que las angulas, conforme se van aproximando al agua dulce, paran su migración para sufrir una serie de cambios fisiológicos y de comportamiento que les permitan adaptarse a la vida en ese nuevo hábitat (Deelder, 1958, 1960).

Estudios recientes han mostrado que la migración dentro del río es facultativa (Tsukamoto y Arai, 2001). Algunas angulas detienen su migración y se establecen en la costa o en los estuarios, llevando a cabo en estos hábitats su fase de crecimiento (Tzeng *et al.*, 1997; Tsukamoto y Arai, 2001; Daverat *et al.*, 2004). Esto parece ser lo que se observa en la estación más interna del estuario del Guadalquivir, Tarfá, donde



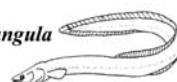
parte de las angulas podrían detener su migración y cambiar su comportamiento. Es decir algunas angulas prosiguen su migración río arriba y otras, por el contrario, se quedan en el estuario hasta completar su fase de crecimiento.

Cuando se analiza el efecto de las variables ambientales sobre la distribución espacial de las angulas, se observan mayores densidades en los puntos en los que la temperatura del agua y salinidad son más bajas y la turbidez más elevada. Condiciones que ocurren en las estaciones interiores, donde se produce la mezcla de agua dulce y salada. Ya se ha comentado anteriormente que la turbidez influye aumentando las capturas en los ríos donde este parámetro era elevado (Gandolfi *et al.*, 1984). Además, según algunos autores (Deelder, 1973; Hutchinson, 1981; *in* Legault, 1984), la temperatura del agua dulce juega un papel en la orientación de las angulas, facilitándole la localización de los estuarios.

En el estuario del Guadalquivir, el reclutamiento medio anual de angulas fue también variable entre unos años y otros (1997-2006), siendo estas variaciones inter-anales estadísticamente significativas. Como la migración oceánica de la larva es en gran parte pasiva (Kleckner y McCleave, 1985), los cambios inter-anales en los patrones de las corrientes oceánicas dominantes, podrían ser uno de los factores responsables de las fluctuaciones inter-anales en el reclutamiento de las angulas, tanto de la especie americana como de la europea (Moriarty y Dekker, 1997).

A pesar de la existencia de estas fluctuaciones inter-anales en la densidad de la angula, durante los diez años de estudio no se ha observado la clara tendencia decreciente que sí se ha observado en el resto de estuarios europeos. Desgraciadamente, en el Estuario del Guadalquivir se carece de una base de datos de abundancia de angulas anterior a 1997, siendo la serie temporal analizada en este estudio demasiado corta para observar dicha tendencia decreciente.

De hecho, la disminución en la abundancia de *A. anguilla* en los estuarios europeos ha sido tan brutal que las pesquerías se consideran insostenibles, si se quiere mantener el stock de anguilas biológicamente a salvo (Dekker, 2001). Entre las causas posibles que explican esta disminución de la abundancia de angulas están la degradación y pérdida del hábitat, la polución crónica, el parasitismo y la sobre explotación pesquera que sufre la anguilla en todos sus estadios de vida (Moriarty y Dekker, 1997).



En resumen, este estudio demuestra que, aunque el reclutamiento de angulas ocurre durante todo el año, con un pico máximo en invierno y otro más pequeño en primavera, las capturas de las mismas varía significativamente entre unos años y otro, por lo que, para poder establecer cualquier tipo de tendencia a largo plazo, sería necesario una serie temporal más larga. Además, se ha observado que hay factores ambientales que parecen afectar a las angulas independientes de su edad post-metamórfica, mientras que otros varían su efecto en función de su estado pigmentario.

La disminución del reclutamiento de la anguila europea y la situación tan delicada en la que se encuentra esta especie, en peligro crítico, hace necesario un mayor conocimiento de su dinámica de la migración y de su biología. Este estudio se puede considerar, por tanto, como básico para poder diseñar un protocolo de actuación en el que se establezcan medidas para la recuperación de la población de anguila europea (*A. anguilla*) en el estuario del Guadalquivir.

## 5.5. Conclusiones.

En relación con el patrón de variación temporal y espacial de la angula en el estuario del río Guadalquivir, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- (1) Se detectan dos máximos de entrada de angulas en el estuario del Guadalquivir, uno en invierno y otro, de menor entidad, en primavera. Este patrón se ha repetido a lo largo de los diez ciclos anuales considerados en el estudio.
- (2) Las mayores densidades de invierno coincidieron con baja temperatura, alta turbidez del agua y elevadas precipitaciones.
- (3) Aunque se observa reclutamiento de la angula durante todo el año en el estuario del Guadalquivir, el periodo de máximos de detecta entre los meses de octubre y mayo.
- (4) El flujo neto de entrada de angulas disminuyó conforme se ascendió aguas arriba en el estuario, al tiempo que el flujo de salida aumentó. Una vez en el tramo de agua dulce, las angulas parece ser que detienen su migración para adaptar su metabolismo a las nuevas condiciones ambientales.
- (5) Las angulas del estuario del Guadalquivir utilizaron las mareas crecientes para migrar río arriba. La especie utilizó ambas mareas (diurna y nocturna) para la migración en la zona más próxima a la desembocadura (Bonanza) y fundamentalmente la nocturna en la zonas interiores del estuario.
- (6) Las mayores densidades se detectaron en las estaciones más alejadas de la desembocadura donde la temperatura y la salinidad fueron más bajas y la turbidez más elevada.
- (7) A lo largo de los 10 ciclos anuales considerados, el reclutamiento medio varió significativamente en su comparación interanual. Estas variaciones podrían estar relacionadas con los normales cambios interanuales en los patrones de las corrientes oceánicas que transportan a las larvas leptocéfalas.



## 5.6. Bibliografía.

- Arias, A. M. y P. Drake (1985). Estructura de la población y régimen alimentario de *Anguilla anguilla* L., 1758 (Osteichthyes, Anguillidae), en los esteros de San Fernando (Cádiz). *Investigaciones Pesqueras* 49(4), 475-491.
- Bardonnnet, A., V. Bolliet and V. Belon (2005). Recruitment abundance estimation: role of glass eel (*Anguilla anguilla* L.) response to light. *Journal of Experimental. Marine Biology and Ecology* 321, 181-190.
- Bertin, L. (1951). *Les anguilles. Variation, croissance, euryhalinié, toxicité, hermaphrodisme juvenile et sexualité, migrations, metamorphoses*. 188 p. Paris: Payot.
- Bessa, R. and M. Castro (1995). Variação sazonal dos parâmetros biometricos de meixao capturado no rio Liz. *Relatórios Científicos e Técnicos. Instituto Português de Investigação Marítima* 4, 1-10.
- Boëtius, J. and E. F. Harding (1985). A re-examination of Johannes Schmidt's Atlantic eel investigations. *Dana* 4, 129-162.
- Cantrelle, I. (1981). *Etude de la migration et de la pêche des civelles (Anguilla anguilla L.) dans l'estuaire de la Gironde*. Thèse, Université de Paris VI.
- Charlon, N. and J. M. Blanc (1982). A study of the elvers (*Anguilla anguilla* L.) in the Adour basin area. 1. Length and weight biometrical characteristics in function of pigmentation. *Archives Hydrobiologie* 93, 238-255.
- Ciccotti E., T. Ricci, M. Scardi, E. Fresi and S. Cataudella (1995). Intraseasonal characterization of glass eel migration in the river Tiber: space and time dynamics. *Journal Fish Biology* 47, 248-255.
- Clarke, K. R. and R. M. Warwick (1994). *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. Natural Environment Research Council, U.K.
- Creutzberg, F. (1958). Use of tidal streams by migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt). *Nature* (London), 181, 857-858.
- Creutzberg, F. (1959). Discrimination between ebb and food tide in migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt) by means of olfactory perception. *Nature*, London, 184, 1961-1962.
- Creutzberg, F. (1961). On the orientation of migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt) in a tidal area. *Netherland Journal of Sea Research* 1, 257-338.
- Daverat, F., P. Elie et M. Lahaye, (2004). Première caractérisation des histoires de vie des anguilles (*Anguilla anguilla*) occupant la zone aval du bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne: apport d'une méthode de microchimie. *Cybium* (28 suppl.), 83- 90.
- Daverat, F., K. E. Limburg, I. Thibault, J.-C. Shiao, J.J. Dodson, F. Caron, W.-N. Tzeng, Y. Lizuka and H. Wickström (2006). Phenotypic plasticity of habitat use by three temperate eel species, *Anguilla anguilla*, *A. japonica* and *A. rostrata*. *Marine Ecology Progress Series* 308, 231-241.

- De Casamajor, M. N., N. Bru et P. Prouzet (1999). Influence de la luminosité nocturne et de la turbidité sur le comportement vertical de migration de la civelle d'anguille (*Anguilla anguilla* L.) dans l'estuaire de l'Adour. *Bulletin français de la Pêche et de la Pisciculture* 355, 327-347.
- Deelder, C. L. (1952). On the migration of elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.) at sea. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 18, 187-218.
- Deelder, C. L. (1958). On the behaviour of elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.) migrating from the sea into fresh water. *Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer* 24, 135-146.
- Deelder, C. L. (1960). Ergebnisse der holländischen Untersuchungen über den Glasaalzug. *Archiv für Fischereiwissenschaft* 11, 1-10.
- Deelder C. L. (1973). *Exposé synoptique des données biologiques sur l'anguille Anguilla anguilla (Linnaeus, 1758)*. Synopsis FAO sur les pêches n° 80, Firi/S80.
- Dekker, W. (2001). Status of the European eel stock and fisheries. Proceedings of the International Symposium, *Advances in Eel Biology*, University of Tokyo, 28-30 September 2001. Pp. 50-52.
- Desaunay, Y., D. Guerault, and P. Bellois (1987). Dynamique de la migration anadrome de la civelle (*Anguilla anguilla*) dans l'estuaire de la Loire; role des facteurs climatique vis à vis de la peche et du recrutement. ICES CM 1987/M, 18.
- Desaunay, Y., D. Guérault and R. Lecomte-Finiger (1996). Variation of the oceanic larval migration of *Anguilla anguilla* glass eels from a two years study in the Vilaine estuary (France). *Archives of Polish Fisheries* 4, 195-210.
- Desaunay, Y. and D. Guerault (1997). Seasonal and long-term changes in biometrics of eel larvae: a possible relationship between recruitment variation and North Atlantic ecosystema productivity. *Journal of fish biology* (supplement A), 317-339.
- Domingos, I. M. (1992). Fluctuation of glass eel migration in the Mondego estuary (Portugal) in 1988 and 1989. *Irish Fisheries Investigation, Series A* 36, 1-4.
- Edeline, E., A. Bardonnnet, V. Bolliet, S. Dufour, and P. Elie (2005). Endocrine control of *Anguilla Anguilla* glass eel dispersal: Effect of thyroid hormones on locomotor activity and rheotactic behaviour. *Hormones and behavior* 48, 53-63.
- Edeline, E., P. Lambert, C. Rigaud and P. Elie (2006). Effects of body condition and water temperature on *Anguilla anguilla* glass eel migratory behavior. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 331, 217-225.
- Elie, P. (1979). *Contribution a l'étude des montées de civelles d'Anguilla anguilla L. dans l'estuaire de la Loire : pêche, écologie, écophysiologie et élevage*. Thèse, Université de Rennes.
- Elie, P. et C. Rigaud (1984). *Etude de la population d'anguille de l'estuaire et du bassin versant de la Vilaine (Pêche-biologie-écologie) examen particulier de l'impact du barrage d'Arzal sur la migration anadrome*. Université de Rennes I/CEMAGREF de Bordeaux.

- Elie, P. et E. Rochard (1994). Migration des civelles d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) dans les estuaries, modalités du phénomène et caractéristiques des individus. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 335, 81-98.
- Finiger, R. (1976). Contribution a l'étude biologique et écologique des civelles (*Anguilla anguilla* L. 1958) lors de leur pénétration dans un étang méditerranéen. *Vie Milieu* 26, 123-144.
- Fontaine, M. and O. Callamand (1941). Sur l'hydrotropisme des civelles. *Bulletin Institute Océanographique Monaco*, 811, 1-6.
- Gandolfi-Hornoyold, A. (1931). Observations sur la civelle d'Aquinagua pendant trois saisons de pêche. *Bulletin Suisse de Pêche et Pisciculture* 12, 185-192.
- Gandolfi, G., M. Pesaro and P. Tongiorgi (1984). Environmental factors affecting the ascent of elvers, *Anguilla anguilla* (L.), into the Arno River. *Oebalia* 10, 17-35.
- Gascuel, D. (1986). Flow-carried and active swimming migration of the glass eel (*Anguilla anguilla*) in the tidal area of a small estuary on the French Atlantic coast. *Helgolander Meeresuntersuchungen* 40, 321-326.
- Gascuel, D. (1987). *La civelle d'anguille dans l'estuaire de la Sèvre Niortaise: Biologie, Écologie, Exploitation*. Publ. Départ. Halieutique, ENSA Rennes 4/1, 355p. 4/2 204 p.
- Gascuel, D., E. Feunteun and G. Fontenelle (1995). Seasonal dynamics of estuarine migration in glass eels (*Anguilla anguilla*). *Aquatic Living Resources* 8, 123-133.
- Guerault, D., R. Lecomte-Finiger, Y. Désaunay, S. Biagianti-Risbourg, P. Beillois and P. Grellier (1992). Glass eel arrivals in the Vilane estuary (northern Bay of Biscay) in 1990: demographic features and early life history. *Irish Fisheries Investigations, Series A* 36, 5-14.
- Hutchison, S. J. (1981). Upstream migration of the glass-eel (*Anguilla rostrata*) in Nova Scotia-1981. *Department of Fisheries Manuscripts Technical Reports Ser.*, 81-02.
- Jellyman, D. J. and C. M. Ryan (1983). Seasonal migration of elvers (*Anguilla* spp.) into lake Pounui, New Zealand, 1974-1978. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 17, 1-15.
- Jellyman, D. J. and P. W. Lambert (2003). Factors affecting recruitment of glass eels into the Grey River, New Zealand. *Journal of Fish Biology* 63, 1067-1079.
- Jessop, B. P. (2003). Annual variability in the effects of mater temperature, discharge, and tidal stage on the migration of American eel elvers from estuary to river. *American Fisheries Society Symposium* 33, 3-16.
- Jessop, B. P., J.C. Shiao, Y. Lizuka and C. S. Tzeng (2004). Variation in the annual growth, by sex and migration history, of silver American eels *Anguilla rostrata*. *Marine Ecology Progressive Series* 272, 231-244.
- Kleckner, R. C. and J. D. McCleave (1985). Spatial and temporal distribution of American eel larvae in relation to North Atlantic Ocean current systems. *Dana* 4, 67-92.

- Lara, M. J. (1994). Catch statistics, capture methods, size, and development stages of glass eels in Asturias (northwestern Spain). *Bulletin of the Sea Fisheries Institute* 1 (131), 31–39.
- Legault, A. (1984). *Etude préliminaire de la migration anadrome de la civelle d'anguille (Anguilla anguilla L. ) dans les zones de l'aval du bassin fluvial de la Sèvre Niortaise*. DEA ecologie Université de Rennes. 30 p.
- Lecomte-Finiger, R. et C. Razouls, (1981). Influence des facteurs hydrologiques et météorologiques sur la migration anadrome des civelles dans le Golfe du Lion. *Cahiers du Laboratoire d'Hydrobiologie de Montereau* 12, 13–16.
- Martin, M. H. (1995) The effects of temperature, river flow and tidal Cycles on the onset of glass eel and elver migration into fresh water in the American eel. *Journal Fish of Biology* 46, 891–902.
- McCleave, J. D., and R. C. Kleckner (1982). Selective tidal stream transport in the estuarine migration of glass eels of the American eel (*Anguilla rostrata*). *Journal du Conseil - Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 40:262-271.
- McCleave, J. D., y G. S. Wipplehauser (1987). Behavioral aspects of selective tidal transport in juvenile American eel. Pages 138-150 en: M. J. Dadswell, R. J. Klauda, C. M. Moffitt, R. L. Saunders, R. A. Rulifson, and J. E. Cooper, Editors. *Common strategies of anadromous and catadromous fishes*. American Fisheries Society, Symposium 1, Bethesda, Maryland.
- McCleave, J. D., J. J. M. Bedaux, P. G. Doucet, J. C Jager, J. T. L Jong, W. J. Van der Steen and B. Voorzanger (1987). Statistical methods for analysis of plankton and nekton distribution, with application to selective tidal stream transport of juvenile American eels (*Anguilla rostrata*). *Journal Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 44, 90-103.
- Mc Govern, P. and T. K. Mc Carthy (1992). Elvers migration in the River Corrib system, western Ireland. *Irish Fisheries Investigations Series A (Freshwater)* 36, 25-32.
- Miles, S. G. (1968). Rheotaxis of elvers of the American eel (*Anguilla rostrata*) in the laboratory to water from different streams in Nova Scotia. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 25, 1591-1602.
- Moriarty, C. and W. Dekker (1997). Management of the European eel. *Fisheries Bulletin (Dublin)* 15, 125 p.
- Ovchinnikov, U.V. and S. I. Cleyzer (1973). Features of orientation of the European eel (*Anguilla anguilla* L.) at some stages of migration. *Journal of Ichthyology* 13 (1), 455-463.
- Pérez, C. (2002). *Estadística Práctica con STATGRAPHICS®*. Pearson Educación, S.A. Madrid, 691 p.
- Spyridoula, Z. G. Katselis, C. Koutsikopoulos and Y. Cladas (2008). Temporal patterns of glass eel migration (*Anguilla anguilla* L. 1758) in relation to environmental factors in the Western Greek inland waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 80, 330-338.

- Tesch, F. W. (1977) *The eel. Biology and management of anguillids eels*. Chapman and Hall Ed., London, 434 p.
- Tosi, L., C. Sola, A. Spampinato and P. Tongiorgi (1989). The behavior of glass eel of *Anguilla Anguilla* toward salinity: discrimination and preferences. *Rivista Italiana Acquacoltura* 24, 219-223.
- Tosi, L. and C. Sola (1993). Role of geosmin, a typical inland water odour, in guiding glass eel *Anguilla anguilla* (L.) migration. *Ethology* 95, 177-195.
- Tsukamoto, K. and T. Arai (2001). Facultative catadromy of the eel *Anguilla japonica* between freshwater and seawater. *Marine Ecology Progressive Series* 220, 265-276.
- Tzeng, W. N., K. P. Severin and H. Wickstrom (1997). Use of otolith microchemistry to investigate the environmental history of European eel *Anguilla anguilla*. *Marine Ecology Progressive Series* 149, 73-81.
- Vilter, V. (1946). Action de la Thyroxine sur la métamorphose larvaire de l'anguille. *Comptes Rendus de la Société Biologique* 140, 783-785.
- Vollestad, L. A and B. Jonson (1988). A 13-year study of population dynamics and growth of the European eel (*Anguilla anguilla*) in a Norwegian river: evidence for density dependant mortality, and development of a model for predicting yield. *Journal of Animal Ecology* 57, 983-997.
- Weber, M..(1986). Fishing method and seasonal occurrence of glass eels (*Anguilla anguilla* L.) in the Rio Minho, west coast of the Iberian Peninsula. *Vie Milieu* 36, 243-250.
- White, E. M. and B. Knights (1997). Environmental factors affecting migration of the European eel in the Rivers Severn and Avon, England. *Journal and Fish Biology* 50, 1104-1116.
- Yahyaoui, A. (1983). *Etude comparée (recrutement, croissance et polymorphisme enzymatique) des populations atlantiques et méditerranéennes (Maroc-France) de civelles d'Anguilla Anguilla L., 1758*. Thèse de Doctorat de 3e cycle, Université de Perpignan, 177 p.





# CAPÍTULO VI

---

**Bases para la elaboración de un plan de conservación de la anguila (*Anguilla anguilla*) en la cuenca del río Guadalquivir.**



## **6.1. Introducción.**

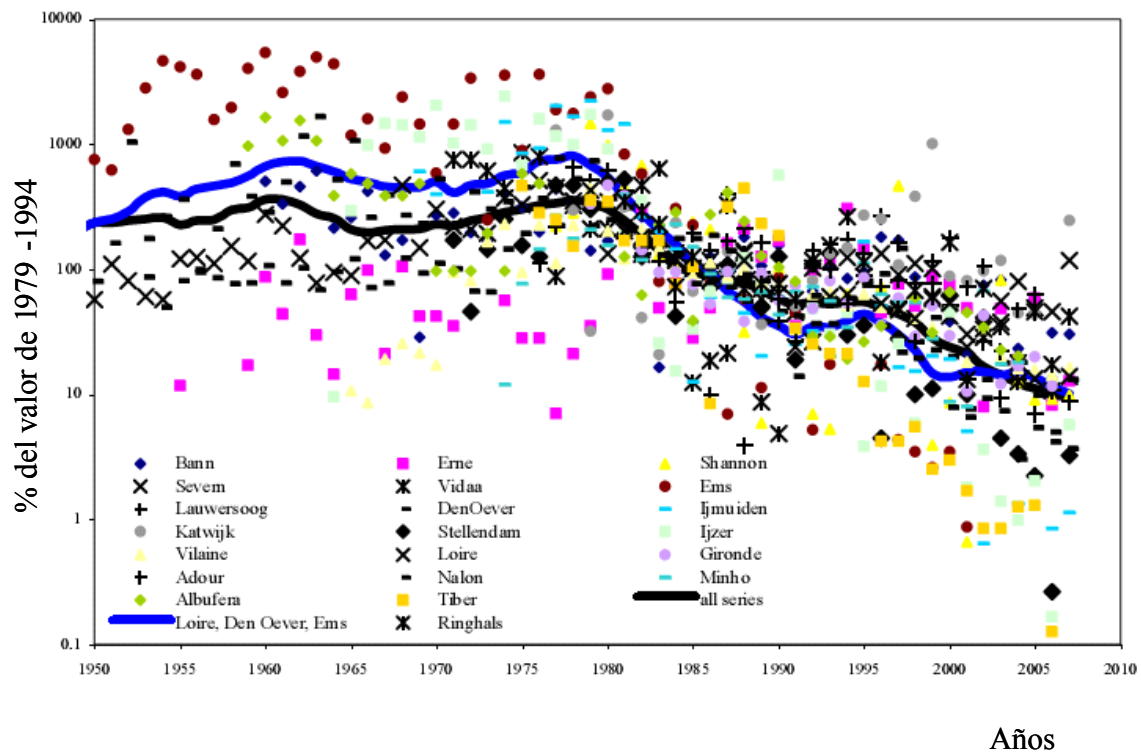
El presente capítulo no posee la estructura académica ni científica de los anteriores, puesto que se trata de la elaboración de unas directrices que a nuestro juicio deben establecerse para conservar la especie en el Guadalquivir. Dos motivos fundamentales han jugado a favor del desarrollo de este apartado, en primer lugar el paupérrimo estado de conservación que posee la especie tanto en su área de estudio como en toda su área de distribución natural y en segundo lugar el negativo efecto que su pesca ejerce sobre una importantísima zona de cría y engorde como es el estuario del Guadalquivir. De ambos aspectos se habla en profundidad en los siguientes apartados.

## **6.2. Estado de conservación de la anguila.**

Desde 1980, la anguila europea (*Anguilla anguilla*) ha venido sufriendo un extraordinario y rápido declive (Figura 1). En el año 2000 alcanzó un mínimo histórico con valores de entre 1% y 5% de los existentes antes de 1980 (Dekker, 2003). Los últimos datos confirman que la especie se encuentra fuera de los límites de seguridad biológica (ICES, 2007). Esto se agrava debido a que la población se encuentra en continuo declive, básicamente por la baja entrada de nuevos reclutas y la desaparición del stock continental por muerte o emigración hacia las zonas de desove de las anguilas de mayor edad.

La situación es tan delicada que en la reciente actualización (2008) de las categorías de conservación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (<http://www.iucnredlist.org>), se cataloga a la especie como EN PELIGRO CRÍTICO (CR) estableciendo los criterios A2bd+4bd como causas de ese estado de conservación.

EN PELIGRO CRITICO (CR) Un taxón está En Peligro Crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los siguientes criterios (A a E), y por consiguiente, se considera que se está enfrentando un riesgo extremadamente alto de extinción en el estado silvestre.



**Figura 1.** Evolución del reclutamiento de angulas en distintos ríos y zonas húmedas de Europa (ICES, 2007).

A. Reducción del tamaño de la población basada en los siguientes puntos:

2. Una reducción de la población observada, estimada, inferida o sospechada  $\geq 80\%$  en los últimos 10 años o tres generaciones, cualquiera que sea el período más largo, donde la reducción, o sus causas, pueden no haber cesado, o pueden no ser entendidas, o pueden no ser reversibles; basadas (y especificando) en

b un índice de abundancia apropiado para el taxón

d niveles de explotación reales o potenciales

4. Una reducción de la población observada, estimada, inferida, o sospechada  $\geq 80\%$  en un período de 10 años o tres generaciones, cualquiera que sea el período más largo (hasta un máximo de 100 años en el futuro), donde el período de tiempo debe incluir el pasado y el futuro, y la reducción o sus causas pueden no haber cesado, o pueden no ser entendidas, o pueden no ser reversibles; basada (y especificando) en



b un índice de abundancia apropiado para el taxón  
d niveles de explotación reales o potenciales

Las causas que se atribuyen a este declive, aunque no son bien conocidas, han sido revisadas por varios autores (i.e. Bruslé, 1994; Knights, 1997; Moriarty y Dekker, 1997; Dekker, 1998) y se pueden englobar en dos categorías: marinas y continentales (Feunteun, 2002; Robinet y Feunteun 2002; Starkie 2003). Entre las primeras se encontraría una alteración de la Corriente del Golfo por el cambio climático. Esta corriente, utilizada por la larva leptocéfala en su migración hacia las costas europeas, podría estar reduciendo su supervivencia.

Entre las continentales en primer lugar se encuentra la excesiva presión pesquera sobre las angulas y sobre las anguilas plateadas, los dos *stocks* migradores de la especie (ICES, 2007).

Otra grave amenaza es la presencia del nematodo parásito *Anguillicola crassus*, introducido en 1983 en las aguas continentales europeas a través de anguilas importadas de Asia (Bruslé, 1994). Se sospecha que este parásito afecta la capacidad de las anguilas de alcanzar las zonas de desove al atacar fundamentalmente su vejiga natatoria (Kennedy y Fitch, 1990; Decharleroy *et al.*, 1990; Kirk, 2003; ICES, 2007).

La existencia de obstáculos transversales en el cauce ha reducido entre un 50% y un 90% el hábitat de crecimiento de la anguila en Europa (ICES, 2007). Pero muchos de estos obstáculos afectan igualmente a las anguilas plateadas en migración catádroma al morir en su intento de atravesar las turbinas de las centrales hidroeléctricas que muchas de estas estructuras poseen (Hadderingh y Bakker, 1998; Boubee y Williams, 2006; Winter, 2006).

Hasta 2007, las medidas llevadas a cabo en Europa para paliar el declive de la especie se encuadraron fundamentalmente en tres grupos, (1) regular la pesca tanto de la anguila como de la angula (Rossell *et al.*, 2005), (2) permeabilizar los obstáculos (Knight y White 1998) y (3) realizar repoblaciones (Moriarty y Dekker, 1997). A pesar de estas medidas, el reclutamiento de la especie continuó disminuyendo, lo que sugiere que las medidas fueron irrelevantes para mejorar el stock en su conjunto. Hay que tener en cuenta que todas estas medidas se hicieron para mejorar y regular las pesquerías locales, nunca teniendo en cuenta la mejora del stock reproductor, a varios miles de kilómetros de la zona gestionada.

Sin embargo en 2007 y 2008 se tomaron dos grandes medidas de gestión. La primera fue la entrada en vigor del *Reglamento del Consejo Europeo de la Unión Europea N° 1100/2007 de 18 de septiembre de 2007 por el que se establecen medidas para la recuperación de la población de anguila europea*. Dicho reglamento obliga a todos los estados miembros de la Unión Europea que tengan hábitats naturales de la especie a que el 1 de julio de 2009 establezcan un plan de manejo de la especie siguiendo el modelo de gestión integral de cuenca desarrollada por la Nueva Directiva Marco del Agua (ver Apéndice I).

El objetivo final de esta medida es permitir el escape al mar del 40% de la biomasa de anguilas plateadas, nivel considerado que presentaría la especie en ausencia de intervenciones humanas. Este objetivo final se pretende alcanzar a través de diversas medidas conservacionistas coordinadas a escala internacional a través de una comisión de seguimiento: reducción/eliminación de la pesca comercial, repoblaciones, mejoras del hábitat fluvial, permeabilización de los obstáculos transversales, transporte de anguilas plateadas hasta el mar y un seguimiento de las poblaciones de anguilas en cada cuenca fluvial.

Para el 31 de julio de 2013 el 60% de las angulas menores de 12 cm deberán ser utilizadas en programas de repoblaciones. Este programa de repoblaciones comenzará el 1 de julio de 2009 e incluirá un programa de seguimiento de estas repoblaciones.

El documento completo de esta medida se incluye en el Apéndice I.

La segunda gran medida de gestión a nivel internacional en 2008 ha sido la inclusión de la especie en el Apéndice II del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre, más conocido como CITES. La norma, para la anguila, entró en vigor el 13 de marzo de 2009 (Figura 2) (<http://www.cites.es>). En el Apéndice I de esta Memoria se incluye el texto relativo al Apéndice II en el que está incluida la anguila.

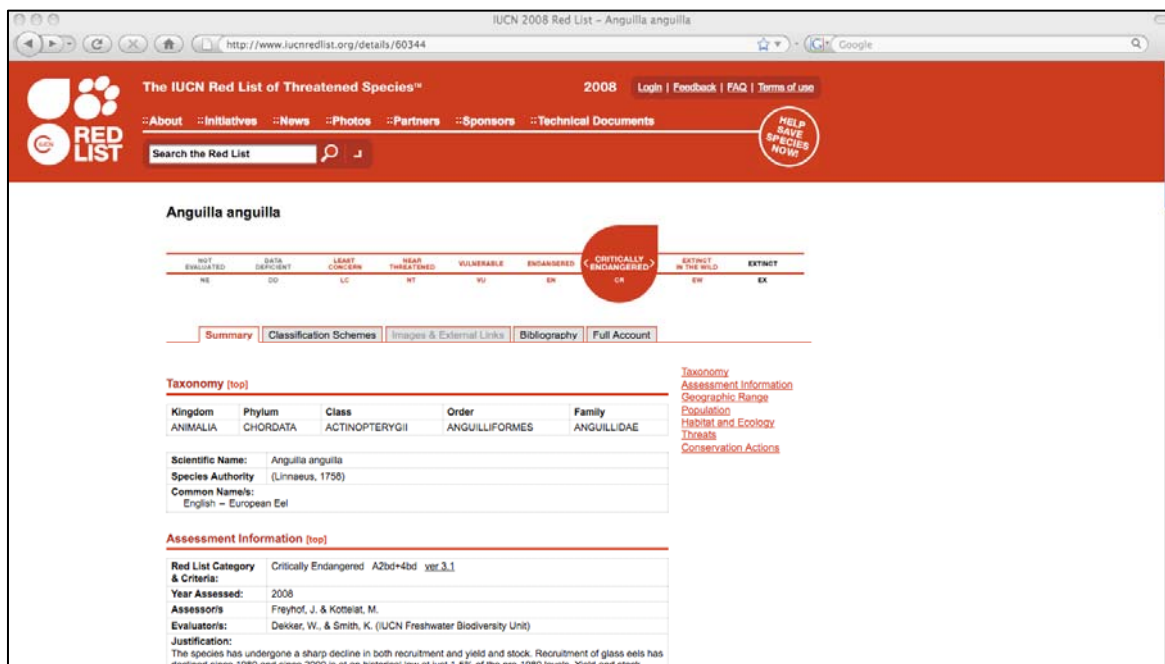
Apéndices		
I	II	III
<b>CAUDATA</b>		
Ambystomatidae Ajolotes	<i>Ambystoma dumerilii</i>	
	<i>Ambystoma mexicanum</i>	
Cryptobranchidae Salamandras gigantes		
<i>Andrias spp.</i>		
<b>CLASE ELASMOBRANCHII (TIBURONES)</b>		
<b>LAMNIFORMES</b>		
Cetorhinidae Tiburones peregrinos	<i>Cetorhinus maximus</i>	
Lamnidae Grandes tiburones blancos	<i>Carcharodon carcharias</i>	
<b>ORECTOLOBIFORMES</b>		
Rhincodontidae Tiburones ballenas	<i>Rhincodon typus</i>	
<b>RAJIFORMES</b>		
Pristidae Peces sierra		
<i>Pristidae spp.</i> (Excepto las especies incluidas en el Apéndice II)		
	<i>Pristis microdon</i> (Con el exclusivo propósito de autorizar el comercio internacional de animales vivos a acuarios apropiados y aceptables con fines de conservación)	
<b>CLASE ACTINOPTERYGII (PECES)</b>		
<b>ACIPENSERIFORMES</b> Esturiones, peces espátula		
	<b>ACIPENSERIFORMES spp.</b> (Excepto las especies incluidas en el Apéndice I)	
Acipenseridae Esturiones		
<i>Acipenser brevirostrum</i> <i>Acipenser sturio</i>		
<b>ANGUILLIFORMES</b>		
Anguillidae Anguilas	<i>Anguilla anguilla</i> (La entrada en vigor se retrasa por 18 meses, es decir, hasta el 13 de marzo de 2009)	
<b>CYPRINIFORMES</b>		
Catostomidae Cui-ui		
<i>Chasmistes cujus</i>		
Cyprinidae Carpas, barbos	<i>Caecobarbus geertsii</i>	
<i>Probarbus jullieni</i>		

Apéndices I, II y III (01/07/2008) – p. 29

**Figura 2.** Copia de la página 29 del nuevo listado de especies del Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) que entró en vigor el 1 de julio de 2008.

Una tercera medida a nivel internacional, y ya comentada, ha sido la catalogación de la especie como EN PELIGRO CRÍTICO por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Figura 3).



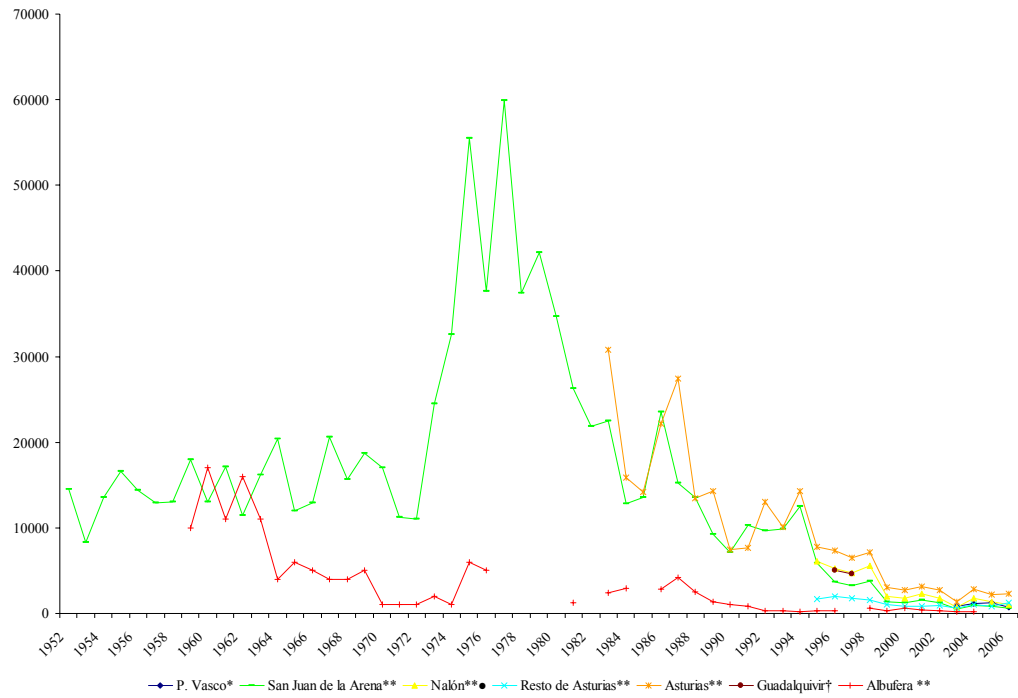


**Figura 3.** Instantánea de la página Web de la UICN donde se cataloga a la especie como en Peligro Crítico (CR).

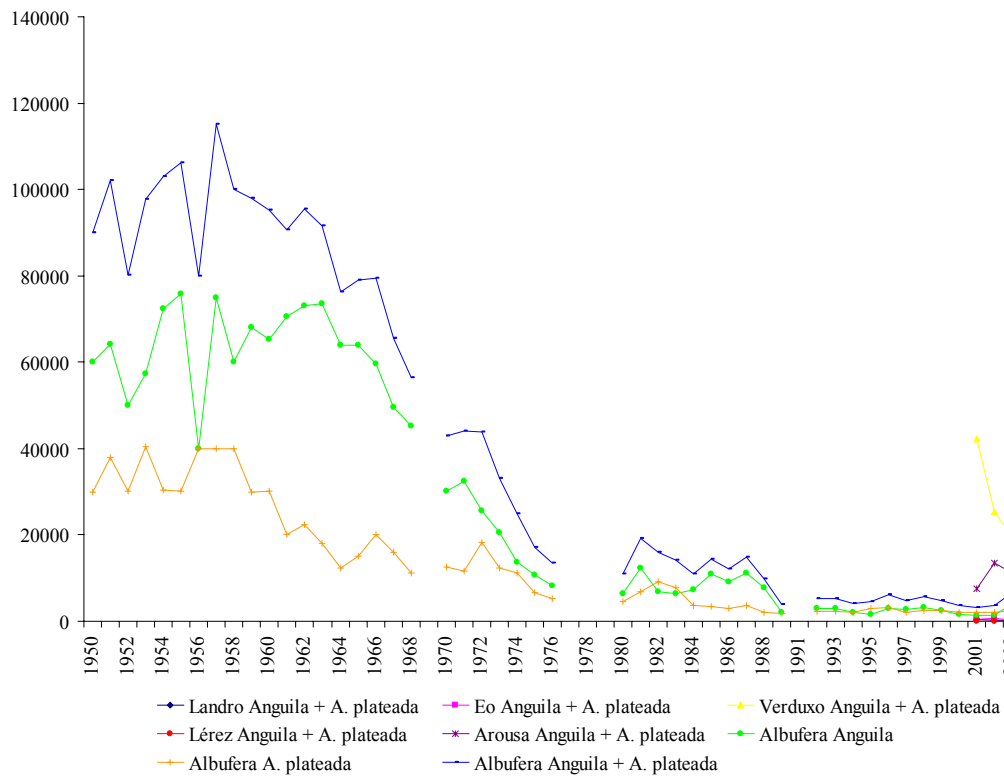
### *Estado de conservación de la especie en España.*

La tendencia de la especie en España es similar a la del resto de los países incluidos en su área de distribución geográfica, tanto en las capturas de angulas (Figura 4) como en las de anguilas (Figura 5). Las series más completas del Atlántico son las de San Juan de la Arena (Asturias) y del Mediterráneo las de La Albufera (Valencia). En ambas se confirma la drástica disminución del *stock*.

con el fin de regular y/o mejorar la pesquería local, sin un programa estatal predefinido. La actual legislación es muy diferente según la Comunidad Autónoma considerada (ver Boletín Oficial País Vasco núm. 42, de 27 febrero 2003; Boletín Oficial del Principado de Asturias núm. 162; de 13 Julio 1984; Boletín Oficial Cantabria núm.70, de 12 abril 2002; Orden de la Generalitat de Cataluña de 21 de septiembre de 1983, DGC núm. 367, de 28 de septiembre; Orden de la Generalitat Valenciana de 17 de mayo de 1990, DOGV núm. 1318 de 6 de mayo).



**Figura 4.** Capturas de angulas (Kg) en España desde 1952 (ICES, 2007).  
 \*\* Datos procedentes de subastas. † Sobrino *et al.*, 2005. • En el río Nalón los datos pertenecen a San Juan de la Arena y Cudillero.



**Figura 5.** Capturas de anguilas amarillas y plateadas (Kg) en España desde 1950 (ICES, 2007).

Las medidas de gestión llevadas a cabo para paliar esta situación, si bien escasas, han sido similares a lo desarrollado en otros estados. La gestión se ha hecho

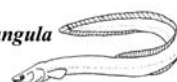
La Comunidad Autónoma de Andalucía, no incluye a la anguila dentro del listado de especies pescables (BOJA nº 47 de 7 de marzo de 2008), por lo que queda prohibida su pesca en todo el territorio andaluz, quedando limitada su captura al estuario del Guadalquivir y sus marismas aguas abajo de la presa de Alcalá del Río hasta el Caño del Yeso de acuerdo al Artículo 10 y Anexo VII de la *orden de 21 de diciembre de 2006, por la que se fijan y regulan las Vedas y Períodos Hábiles de Pesca Continental en la Comunidad Autónoma de Andalucía* (Boja Nº 10 de 15 de enero de 2007). Más adelante se incluye la documentación oficial relativa a esta especie para Andalucía.

### ***Estado de conservación de la anguila en el Guadalquivir.***

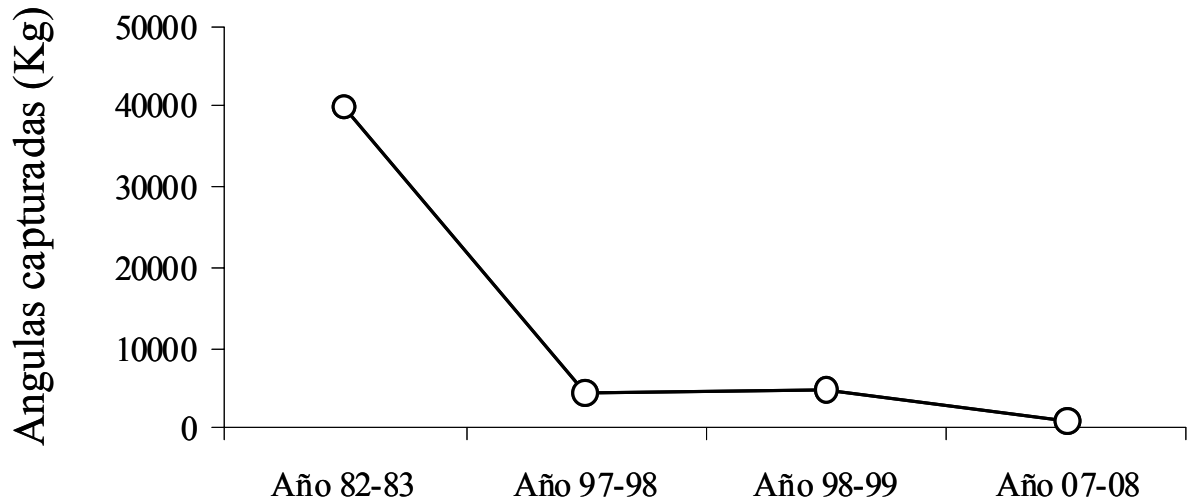
Existen poco datos sobre la tendencia del stock de angulas y anguilas en la zona de estudio. Una buena fuente podría haber sido las capturas comerciales pero dado que la pesca de la especie no estaba regulada, la información es nula. Los datos que aquí se presentan son algunos propios y otros facilitados por dos empresas del sector acuícola y la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

Los datos propios representan cuatro periodos de pesca (temporadas 1982-83, 1997-98, 1998-99 y 2007-08) de los que tenemos información por comunicación directa con los comercializadores de la especie en la zona (Figura 6). Con las reservas que esta escasa información tiene, es evidente el fuerte descenso que ha sufrido la especie en la zona, tendencia que coincide plenamente con la evolución global (Figuras 1, 4 y 5). Según estos datos, la entrada de angulas en el estuario del Guadalquivir se habría reducido hasta en un 98% desde la década de los 80 del siglo pasado (Figura 6).

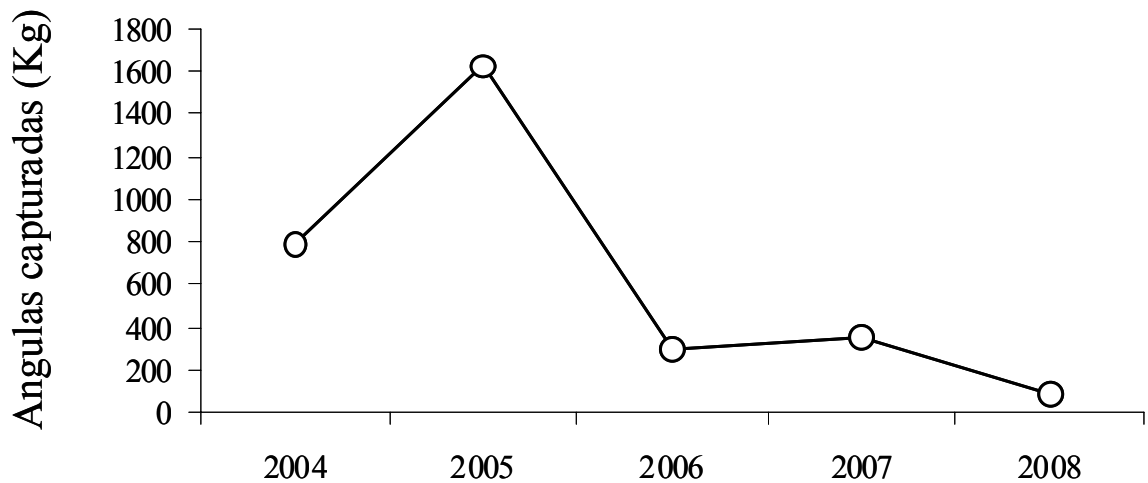
Además de estas capturas que pueden considerarse como globales para todo el estuario del Guadalquivir, existen datos aislados de empresas como una ubicada en Isla Mayor (Sevilla) donde también puede observarse un declive de las compras de angulas en los últimos años (Figura 7) y la tendencia de la venta de anguilas en otra empresa del ramo (Figura 8). Aparte de estos datos, la Consejería de Agricultura y



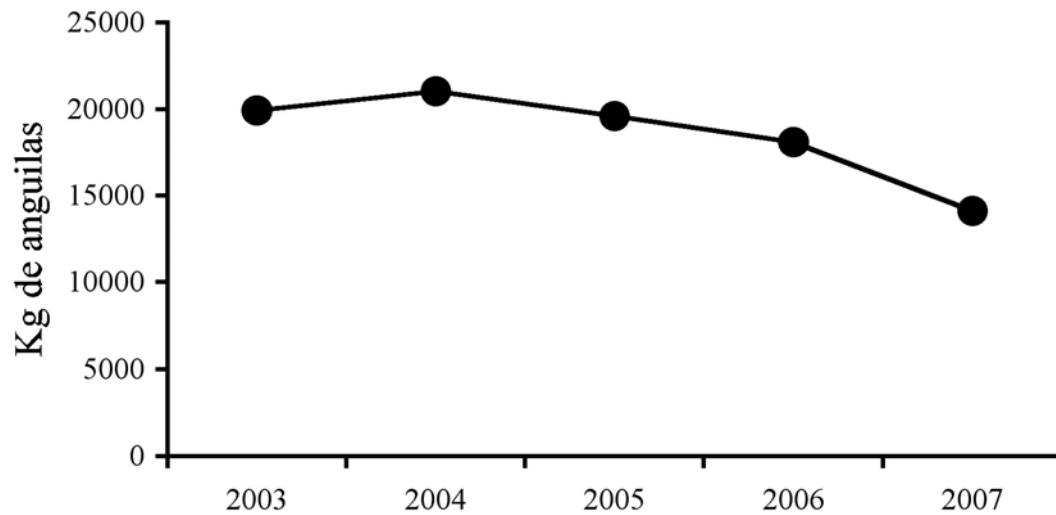
Pesca nos ha suministrado otros de empresas de la Bahía de Cádiz, válidos para la zona, dada su proximidad al estuario del Guadalquivir (Figura 9).



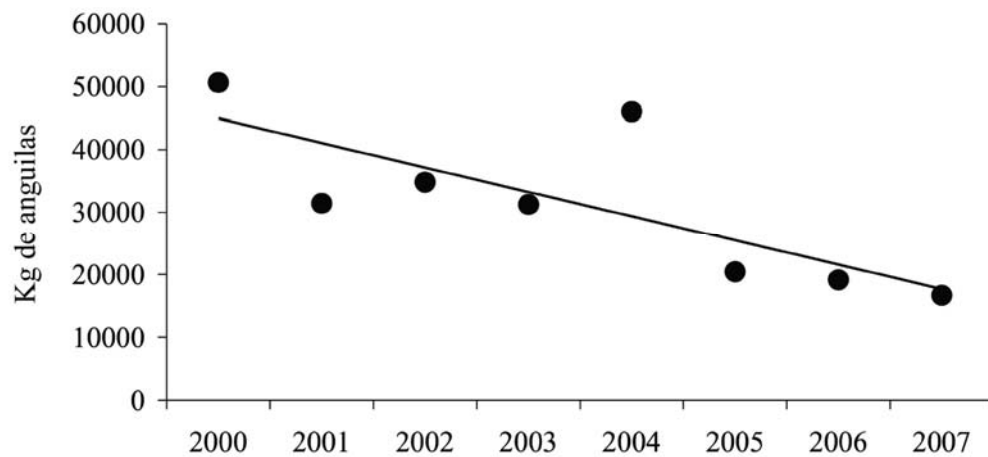
**Figura 6.** Capturas de angulas en el estuario del Guadalquivir.



**Figura 7.** Evolución de las compras anuales de angulas en una empresa comercializadora del Bajo Guadalquivir.



**Figura 8.** Evolución de las capturas de anguilas efectuadas por una empresa en la margen derecha del Guadalquivir.



**Figura 9.** Evolución de las capturas de anguilas en empresas acuícolas de la Bahía de Cádiz (Consejería de Agricultura y Pesca).

Como conclusión a esta recopilación de información, podemos afirmar que la tendencia del stock de angulas y anguilas en el estuario del Guadalquivir sigue la



tendencia general observada para la especie en toda su área de distribución y alcanzamos a deducir que su estado de conservación es más bien pobre.

### **6.3. Problemática para la conservación de la anguila en el Guadalquivir.**

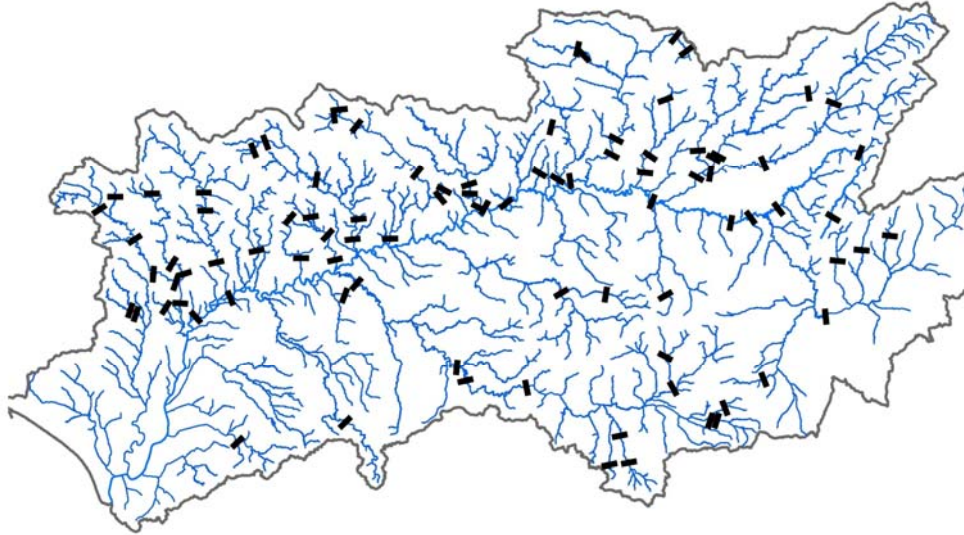
A continuación se hace una pequeña revisión de los problemas de conservación de los que se tiene constancia para la especie en la cuenca del Guadalquivir. Esto no quiere decir que sean los únicos que posee la especie en la zona, hay otros que es probable que existan pero de los que se carece de información como es la infección por el parásito *Anguillicola crassus* y otro patógenos como *Pseudodactylogyrus* spp., *Ichthyophtherius multifiliis* o virus (tipo EVEX y *Herpesvirus anguillae*) que afectan igualmente la integridad física de la especie (ICES, 2007).

#### ***1. Pérdida de hábitat de crecimiento por fragmentación del corredor fluvial.***

La cuenca del Guadalquivir con una superficie de 57014 km<sup>2</sup> y 10566 km de cursos fluviales, se encuentra severamente fragmentada, un censo de obstáculos realizados por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir reveló que existen 169 embalses, mas de cien por encima de los 15 m de altura (Figura 10), 482 diques y 13 azudes. Dentro de estos obstáculos, diferentes fuentes hablan de 115 centrales hidroeléctricas ubicadas en la cuenca ([www.chguadalquivir.es](http://www.chguadalquivir.es)). Estructuras que, como ya hemos apuntado, generan elevada mortalidad a las anguilas plateadas en su migración catádroma.

De todos los grandes obstáculos de la cuenca, existen dos especialmente dañinos que aíslan prácticamente los cursos medio y alto del Bajo Guadalquivir, la presa de Alcalá del Río (Figura 11) y la de Cantillana (Figura 12), ubicadas sobre el cauce principal a unos 100 km y 110 km respectivamente de la desembocadura. El

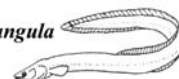
doble tapón que forman hace que la especie se haya perdido en casi el 90% de la cuenca (Figuras 13 y 14; Tabla I).



**Figura 10.** Grandes embalses ( $> 15$  m) en el Guadalquivir (<http://www.chguadalquivir.es>).

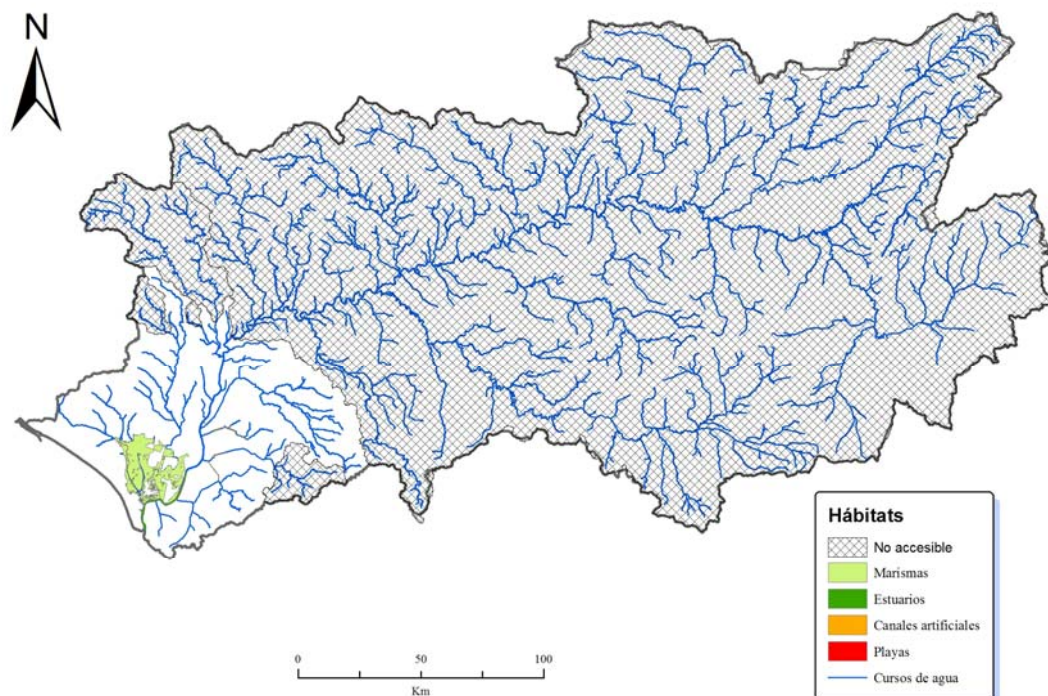


**Figura 11.** Presa de Alcalá del Río (Sevilla).



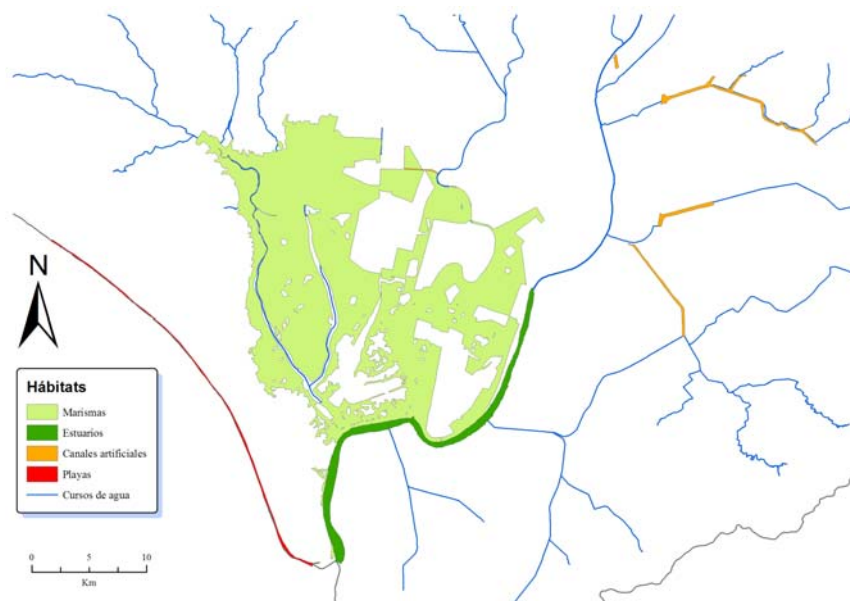


**Figura 12.** Presa de Cantillana (Sevilla).



**Figura 13.** Hábitats accesibles y apropiados para la anguila en la cuenca del Guadalquivir.





**Figura 14.** Hábitats accesibles y apropiados para la anguila en el estuario del Guadalquivir.

**Tabla I.** Hábitats accesibles para la anguila en la cuenca del Guadalquivir.

Tipos de hábitats	Extensión accesible	% sobre el total de la cuenca
Cursos de agua	1290 Km	12,21
Marismas	364 Km <sup>2</sup>	0,64
Canales artificiales	8,31 Km <sup>2</sup>	0,01
Estuarios	21,78 Km <sup>2</sup>	0,04
Playas	4,31 Km <sup>2</sup>	0,01

Aguas abajo de estas dos grandes presas existen tres pequeñas cuencas fluviales la Rivera de Huelva, el Guadianar y el Guadaira, donde es posible encontrar anguilas de forma natural. Además de estas cuencas fluviales están las marismas del Guadalquivir incluido el Espacio Natural de Doñana. Sin embargo dentro de estas cuencas fluviales y de las marismas no todo el hábitat está disponible, por ejemplo, el Guadianar posee multitud de obstáculos transversales que limitan en gran medida el movimiento de las anguilas en este río (Fernández-Delgado y Drake, 2008) y prácticamente la totalidad de las marismas de la margen izquierda se



encuentran aisladas del cauce principal por diques y compuertas construidos para aislar las marismas y facilitar su cultivo. Ni siquiera las marismas del Parque Nacional de Doñana pueden considerarse, por el momento, hábitats accesibles 100% a la anguila, pues también están aisladas del cauce principal del Guadalquivir a través del dique conocido como “Montaña del Río”.

Recientemente se han capturado anguilas en el Guadiato (término municipal de Córdoba), pero éstas casi con seguridad proceden de los escapes de una antigua piscifactoría de anguilas que se ubicaba en este río (Fernández-Delgado *et al.*, 2007) y también en el Río Viar situado por encima del embalse de Melonares, probablemente retenidas allí tras el reciente (2005) cierre de la presa.

## ***2. Contenido en metales pesados y demás productos tóxicos en anguilas del Guadalquivir.***

La anguila es una especie muy sensible a determinados compuestos sintéticos, en especial los bifenilos policlorados o PCBs. Se ha sugerido que estos compuestos afectan el desarrollo y la supervivencia de embriones de anguila. Hembras de anguila plateada, artificialmente estimuladas a la maduración, incorporaron a la formación de los oocitos 60 g de grasa por kilogramo de peso. Junto a esta grasa, los oocitos incorporaron bifenilos policlorados procedentes del cuerpo contaminado de la madre (Palstra *et al.*, 2006). Por lo tanto se piensa que estos compuestos y otros tales como los metales pesados y los metaloides pueden estar afectando seriamente el potencial reproductivo de la especie.

La información sobre estos compuestos en las anguilas del Guadalquivir es igualmente escasa. Diversos autores han detectado mercurio en anguilas de la desembocadura del río Guadalquivir (Establier, 1975; Rincón, 1986), residuos organoclorados y PCBs en anguilas del Parque Nacional de Doñana (Rico *et al.*, 1989) y metales pesados en el río Guadalquivir (Rincón, 1986) y en dos zonas de la Bahía de Cádiz (Usero *et al.*, 2004) y en el Parque Nacional de Doñana (Rico *et al.*, 1989) (Tablas II a V).

**Tabla II.** Niveles de metales pesados en músculo de anguilas del Río Guadalquivir.

Metales pesados	Establier (1975)	Rincón (1986)
Hg	0,09-0,430 ppm	308,6-582,5 ppb
Cd		5,13-188,02 ppb
Pb		68,81-1244,40 ppb

**Tabla III.** Niveles de insecticidas organoclorados y PCBs (ppm peso húmedo) en músculo de anguilas capturadas en el Parque Nacional de Doñana (Rico *et al.*, 1989).

Insecticidas organoclorados y PCBs	ppm
HCH	0.01-0.02
DDE	0.02-0.26
DDT	0.05-0.23
PCBs	0.09-0.94

**Tabla IV.** Niveles de metales pesados (ppm peso húmedo) en las Marismas del Guadalquivir (Rico *et al.*, 1989)

Metales pesados	ppm
Hg	0.08-0.20
Zn	16.23-33.0
Cu	0.40-2.14
Cd	0.05-0.19
Pb	0.58-1.72

**Tabla V.** Niveles de metales pesados (mg/kg peso húmedo) en dos zonas de la Bahía de Cádiz (Usero *et al.*, 2004).

Metales pesados (mg/kg peso húmedo)	Zona 1 (hígado)	Zona 2 (hígado)	Zona 1 (músculo)	Zona 2 (músculo)
Hg	0.019	0.018	0.018	0.010
Mn	2.95	2.32	6.80	4.71
Zn	31.9	37.5	10.1	13.0
Cu	16.4	23.3	0.7	0.5
Cd	0.12	0.012	0.015	0.020
Pb	0.40	0.40	0.05	0.03
Cr	0.057	0.050	0.364	0.368



### 3. La explotación comercial.

No hay estadísticas de pesca de angulas y anguilas en el Bajo Guadalquivir. La captura de angulas nunca ha estado regulada más allá de unas normas generales sobre la gestión de la pesca en Andalucía. La enorme presión de pesca existente sobre las angulas ha hecho que la pesca de anguilas haya decaído hasta constituirse en marginal en la zona. Finalmente, la anguila plateada nunca ha sido objeto de pesca.

Lo que se presenta a continuación es una recopilación de la escasa información disponible de muy distintas fuentes.

Aunque la pesca de angulas está permitida todo el año en el estuario del Guadalquivir, ésta se centra fundamentalmente entre los meses de octubre y mayo. En el resto de la cuenca y de Andalucía, la pesca de la anguila está prohibida desde marzo de 2008 (BOJA nº 47 de 7 de marzo de 2008). Para su captura se utilizan una serie de artes que se exponen en el Apéndice III.

De todos los artes utilizados los más populares por su eficiencia han sido embarcaciones de muy distinta naturaleza que llevan instalados un arte de pesca denominado de “persiana” cuya descripción se hace en el Apéndice III.

Sólo existen censos esporádicos de estas embarcaciones en el Bajo Guadalquivir. Los primeros se hicieron en 1996 y los últimos en 2008. A lo largo de este periodo de tiempo el número de embarcaciones ha oscilado entre 116 y 176 (Tabla VI).

**Tabla VI.** Fecha del censo y número de embarcaciones dedicadas a la pesca de angulas en el Bajo Guadalquivir

Censos	Nº de embarcaciones
Diciembre 1996 -Febrero 1997*	153
Abril 1997**	167
Julio 1997**	168
Noviembre 1997**	176
Marzo 1998**	181
Septiembre 2007**	116
Marzo 2008***	126
Abril 2008***	137

\* Amepro S.A.; \*\* Consejería de Medio Ambiente; \*\*\* Consejería de Agricultura y Pesca

Por el interés que posee, a continuación se hace un resumen del único trabajo desarrollado en la zona sobre la dinámica de la pesca de angulas en el Bajo Guadalquivir. Estudio llevado a cabo por la Universidad de Córdoba, el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (CSIC) y el Instituto Español de Oceanografía para la empresa Amepro S.A. durante los años 1997-99 (Amepro, 1999).

Según este trabajo los principales factores que determinaron la actividad de pesca en un momento dado fueron:

- 1.- Condiciones del río: Velocidad de la corriente, que determinó las posturas (zonas) de pesca, y el número de barcos; el caudal del río, sobre todo en inviernos muy lluviosos y la presencia o no de forraje en el agua.
- 2.- Las características físico-químicas (turbidez y salinidad del agua) y biológicas: bancos de medusas (almendrillas) y/o ctenóforos, que en minutos ciegan las redes con el riesgo de reventarlas.
- 3.- El volumen de capturas y su precio de venta.
- 4.- La oferta de otra actividad laboral más rentable, como la vendimia o cualquier otra campaña agrícola.

La suma de estos factores hizo que la actividad pesquera fuera muy variable en el tiempo y el espacio.



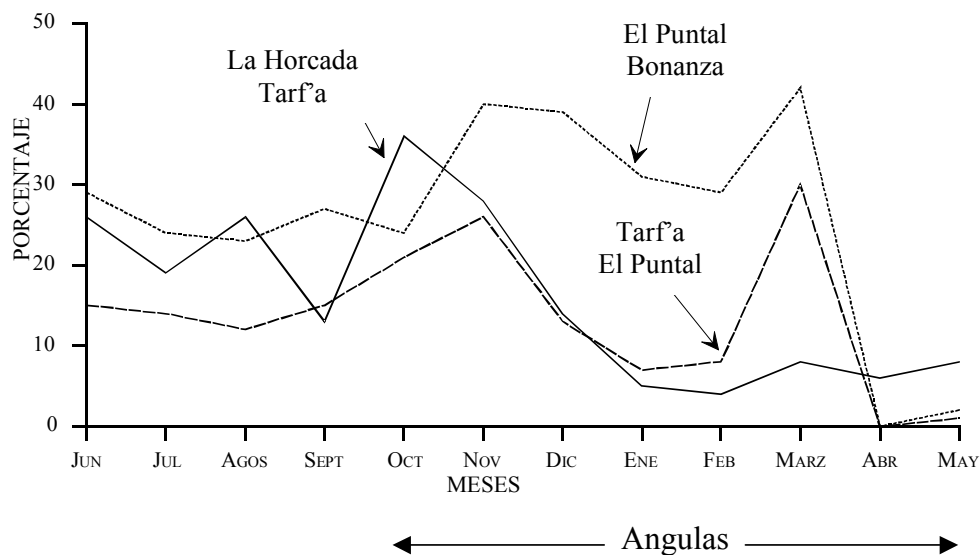
**Figura 15.** Zonificación y puntos de pesca (círculos rojos) de la angula en el último tramo del Guadalquivir.



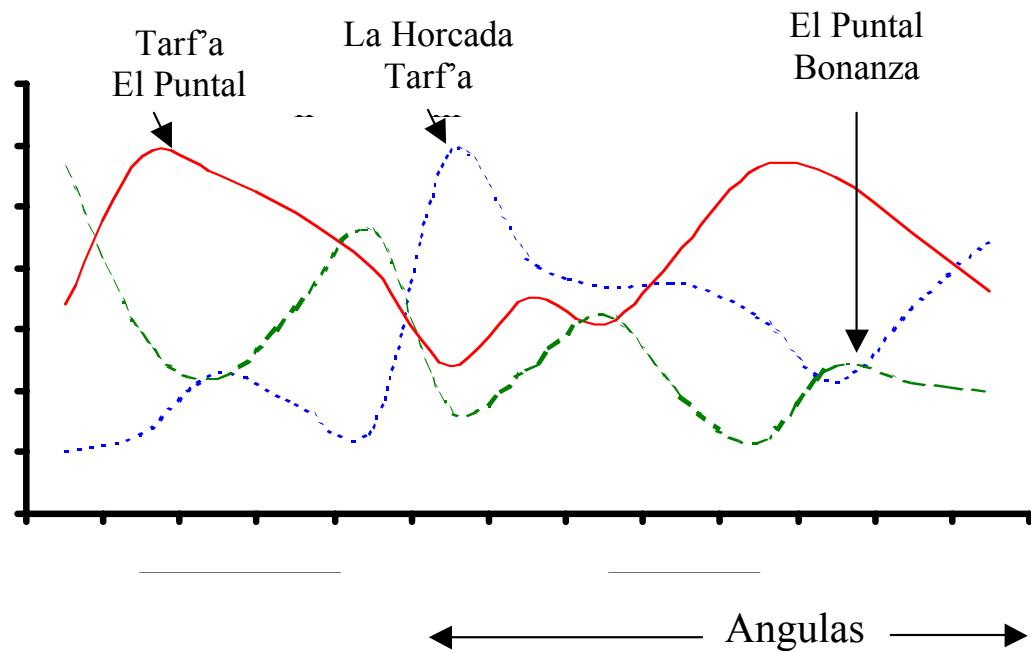
En el estudio se detectaron tres grandes zonas de pesca en función de los puntos de pesca más frecuentes (“posturas”) (Figura 15). La selección de estas posturas depende además de las condiciones antes mencionadas, de la facilidad de acceso, la proximidad a la orilla y a zonas cercanas a canales de desagüe de agua dulce y la proximidad a la localidad de residencia del pescador.

En las Figuras 16 y 17 se representa el porcentaje de embarcaciones activas en el estuario durante los años 1997-98 y 1998-99 respectivamente en las tres zonas de pesca antes mencionadas del Guadalquivir. De junio a octubre, la actividad pesquera, de haberla, está dedicada a la captura de camarones. Es a partir de octubre cuando comienza la pesca de angulas que se dilata hasta abril/mayo. En la temporada 1997-98, un año lluvioso, el esfuerzo pesquero se desplazó desde la zona alta (La Horcada) a la baja (El Puntal) (Figura 16).

Durante el periodo 1998-99, un año seco en contraposición al anterior. A partir de la segunda mitad del octubre se observó un fuerte incremento en la zona entre Tarfía y La Horcada, casi el 60% de la actividad estaba allí concentrada. A partir de enero la actividad se trasladó a la zona de Tarfía y El Puntal (zona alta del estuario), alcanzando el máximo en febrero (Figura 17).



**Figura 16.** Evolución espacial y temporal de la actividad pesquera. Porcentaje de embarcaciones activas respecto del total de embarcaciones observadas en el periodo 1997-98 (Amepro, 1999).



**Figura 17.** Evolución espacial y temporal de la actividad pesquera. Porcentaje de embarcaciones activas respecto del total de embarcaciones observadas en el periodo 1998-99 (Amepro, 1999).

## 6.4. Impacto de la pesca de angula.

La pesca de angulas se desarrolla en una zona biológica y ecológicamente muy sensible, la denominada zona de cría y engorde del Bajo Guadalquivir, considerada como uno de los puntos calientes de biodiversidad de Andalucía (Fernández-Delgado *et al.*, 2000; Drake *et al.*, 2002). El impacto que causa sobre el resto de las comunidades acuáticas es considerable, por lo que creemos apropiado informar de este aspecto en un apartado dedicado a la gestión y conservación de la especie.

La macrofauna acuática de esta zona está compuesta, al menos, por 134 especies: 43 especies de peces; 79 de invertebrados (estacionales o sedentarias): camarones, langostinos, etc. y 72 especies ocasionales (Drake *et al.*, 2002). Es, además, la única zona del estuario original, donde permanecen los procesos mareales, migraciones nictemerales, diadromía, etc. Por ello la zona se considera que



posee no sólo un elevado interés científico, sino también económico y social al criarse en él la mayoría de las especies comerciales que después pasan a engrosar los caladeros explotados comercialmente del Golfo de Cádiz.

Dado que la pesca de angula se realiza necesariamente con una red muy fina, de 1 mm de luz de malla, todas las especies que cohabitan con la angula en el estuario caen igualmente en las redes anguleras. En este apartado pretendemos exponer el impacto que esta pesca realiza precisamente sobre la comunidad acuática que se desarrolla en esta zona. Para ello utilizaremos los datos de una embarcación que desde hace 10 años se viene utilizando de forma regular en los estudios del Bajo Guadalquivir que desarrolla un grupo de trabajo en el que intervienen la propia Universidad de Córdoba junto con el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (CSIC) y el Instituto Español de Oceanografía. Bien es verdad que las capturas que aquí se exponen pueden variar de las que realice un pescador de angulas. Por desgracia nunca se han podido analizar las capturas de ningún barco angulero, fundamentalmente por la nula colaboración que han mostrado a la hora de analizar este aspecto de la pesquería, probablemente temerosos de dar a conocer el daño que realiza semejante pesca. A pesar de esta diferencia, el hecho de que se haya utilizado el mismo arte de pesca y una base de datos de 10 años con muestreos mensuales en tres puntos del Bajo Guadalquivir da solidez suficiente a la información y permite tener una idea muy aproximada a la realidad del problema.

En cada levantada de red, toda la biomasa capturada, angulas incluidas, es colocada en un tamiz. La angula al intentar escapar atraviesa el tamiz y es recogida en un recipiente colocado debajo, limpia de toda la materia acompañante. Una vez considerado que todas las angulas han caído al recipiente, el descarte, en el que se incluyen todas las especies que aquí se exponen es devuelto al agua, la mayoría muerto (Figura 18).

Para valorar el impacto de la pesca sobre la ictiofauna se han considerado cinco categorías:

- (1).- Especies migradoras catádromas (viven en el río y desovan en el mar) y anádromas (viven en el mar y desovan en el río). Los albuces, pertenecientes a la primera categoría, son los más numerosos.





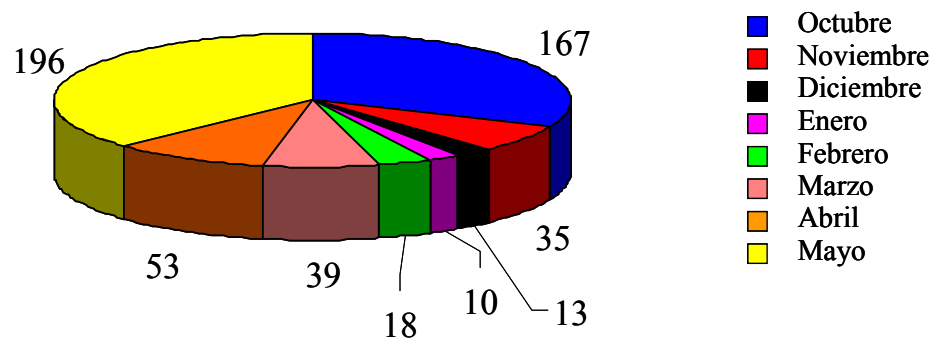
**Figura 18.** Capturas realizadas con el arte de persiana y la red de 1 mm de luz malla, ambos utilizados para la captura de angulas en el Guadalquivir.

- (2).- Especies migradoras anfidromas, cuyos desplazamientos tiene carácter trófico y no reproductivo, dentro de esta categoría se incluyen las especies de interés comercial que son objeto de explotación por la flota pesquera del Golfo de Cádiz.
- (3).- Especies sedentarias que completan su ciclo biológico en el estuario.
- (4).-Especies sedentarias exóticas.
- (5).-Especies esporádicas, se capturan en la zona sin ningún patrón biológico aparente, la mayoría son de origen marino que visitan el estuario del Guadalquivir cuando los caudales de agua dulce son mínimos y por tanto la influencia marina elevada.



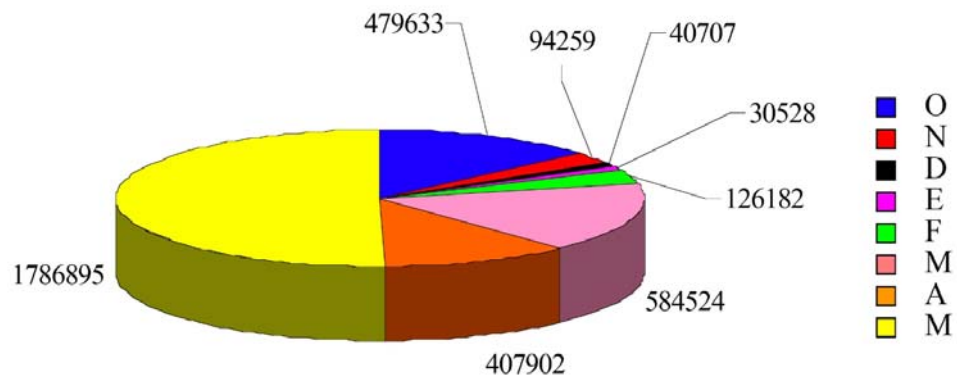
De los invertebrados, los crustáceos son los más afectados por esta pesquería. El grupo de especies se ha dividido en tres categorías: comerciales, no comerciales y exóticas.

La biomasa total media de especies (peces + crustáceos) fue de 66,33 kg por kilogramo de angula capturada. Esta biomasa media presentó fuertes oscilaciones según el mes considerado, las capturas mínimas tuvieron lugar en enero (9,69 kg x Kg angula<sup>-1</sup>) y las máximas en octubre (167 kg x kg angula<sup>-1</sup>) y mayo (196 kg x kg angula<sup>-1</sup>) (Figura 19).



**Figura 19.** kilogramos de las especies descartadas (peces + crustáceos) por kilogramo de angula capturada, durante la temporada de pesca.

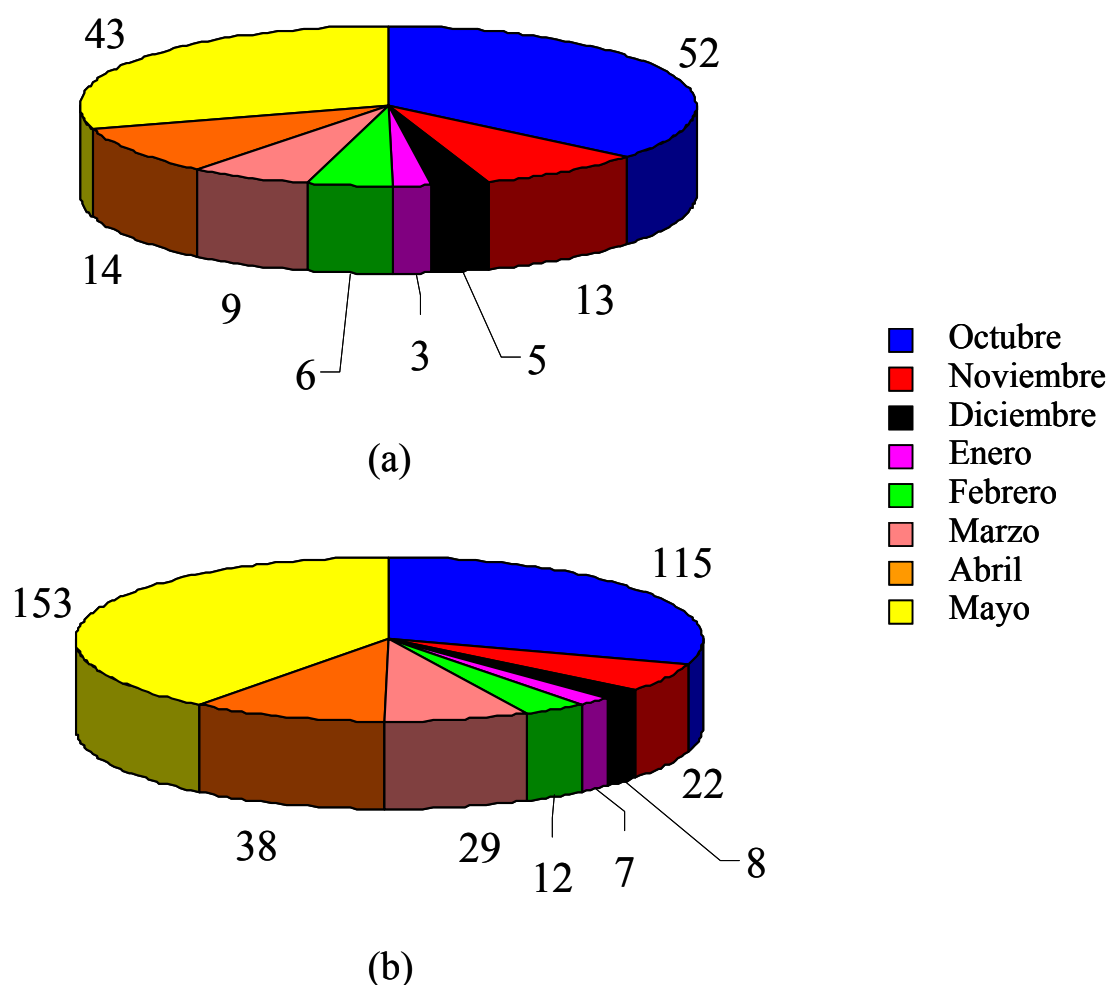
Traducidos estos valores en términos de número de individuos (Figura 20), los valores se disparan a más de un millón y medio de individuos por kilo de angula capturado en mayo como valor máximo y más de 30.000 en enero. En el Apéndice III se detallan estas cifras por especies.



**Figura 20.** Número de individuos para el total de especies capturadas por kilogramo de angulas en el Guadalquivir. O, octubre; N, noviembre; D, diciembre; E, enero; F, febrero; M, marzo; A, abril; M, mayo.

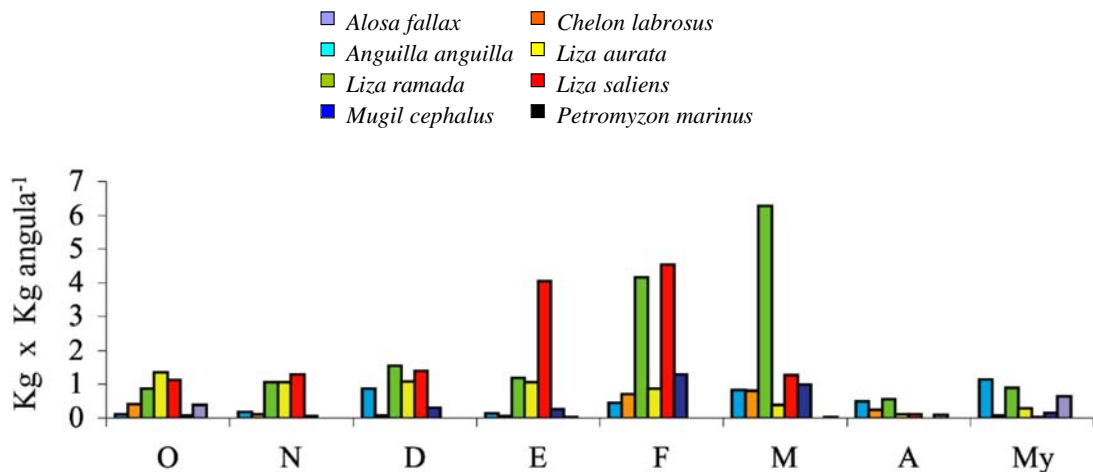
De los 66,33 kg de biomasa media total descartada por kilogramo de angula, 18,17 kg fueron crustáceos y 48,16 kg peces, los valores medios de biomasa capturada tanto para los crustáceos como para los peces también variaron a lo largo del periodo de estudio, oscilando entre 2,8 y 52,1 kg x kg angula<sup>-1</sup> en el caso de los crustáceos y entre 6,9 y 152,9 kg x kg angula<sup>-1</sup> en los peces (Figura 21).

Dentro de las especies de peces de interés comercial con valor local, las más afectadas fueron los mugílidos y la anguila en fase amarilla. Dentro de los primeros la zorroja (*L. saliens*) y el albur (*L. ramada*) fueron las especies más abundantes y por tanto las más afectadas. Los meses en los que se capturó más biomasa fueron enero y febrero en el caso de la zorroja y febrero y marzo en el caso del albur (Figura 22).



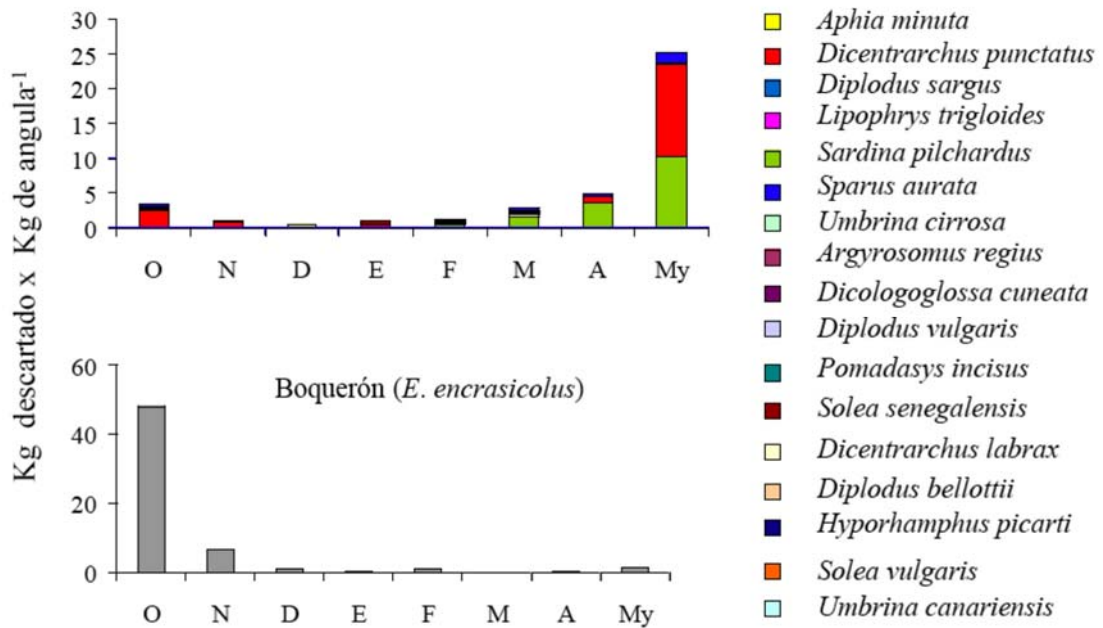
**Figura 21.** Kilogramos de crustáceos (a) y peces (b) descartados por cada kilogramo de angula capturado durante el periodo pesca.





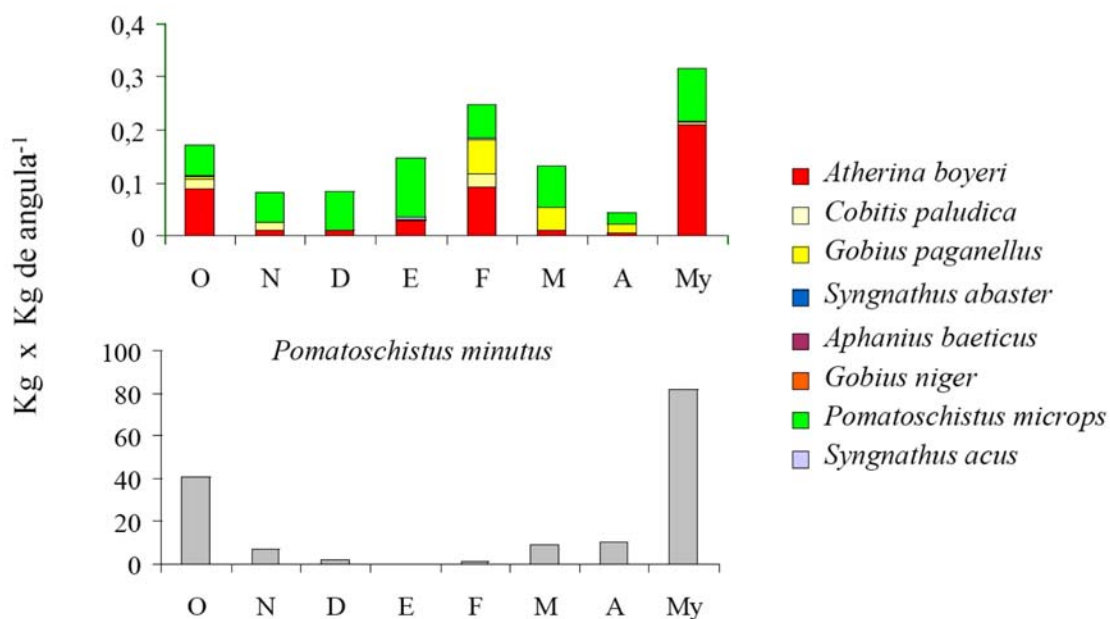
**Figura 22.** Kilogramos de especies migradoras por kilogramo de angula capturada.

Las especies migradoras anfidromas engloban la mayor parte de especies de interés comercial que son objeto de explotación por la flota pesquera del Golfo de Cádiz ([www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/opencms/portal](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/opencms/portal)). Las más afectadas fueron el boquerón (*E. encrasicolus*), la baila (*D. punctatus*) y la sardina (*S. pilchardus*) (Figura 23). Del primero se llegan a capturar alrededor de 50 kg por cada kg de angula capturada.



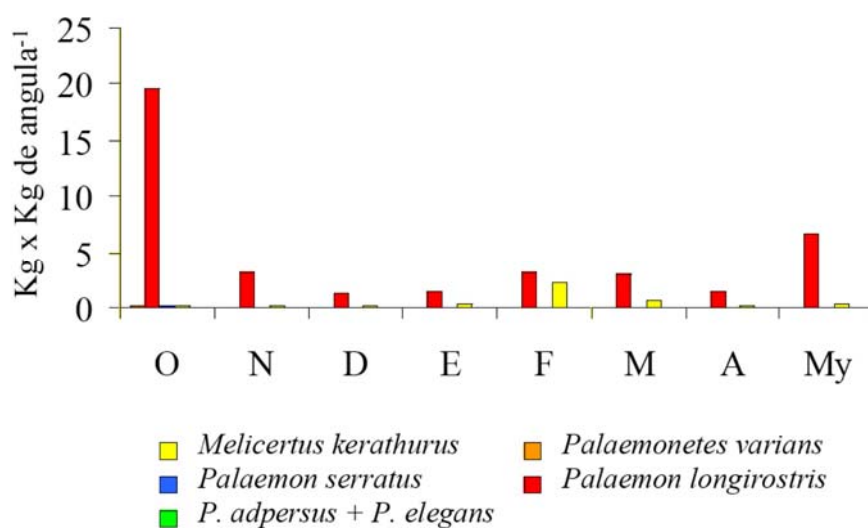
**Figura 23.** Kilogramos mensuales descartados por kilogramo de angula capturado de las especies de peces de interés comercial objeto de explotación por la flota pesquera del Golfo de Cádiz.

La especie sedentaria más afectada fue el torito (*P. minutus*) de la que se llegaron a contabilizar casi 80 kg x kg angula<sup>-1</sup> en mayo (Figura 24).



**Figura 24.** Kilogramos descartados por kilogramo de angula capturado en las especies sedentarias.

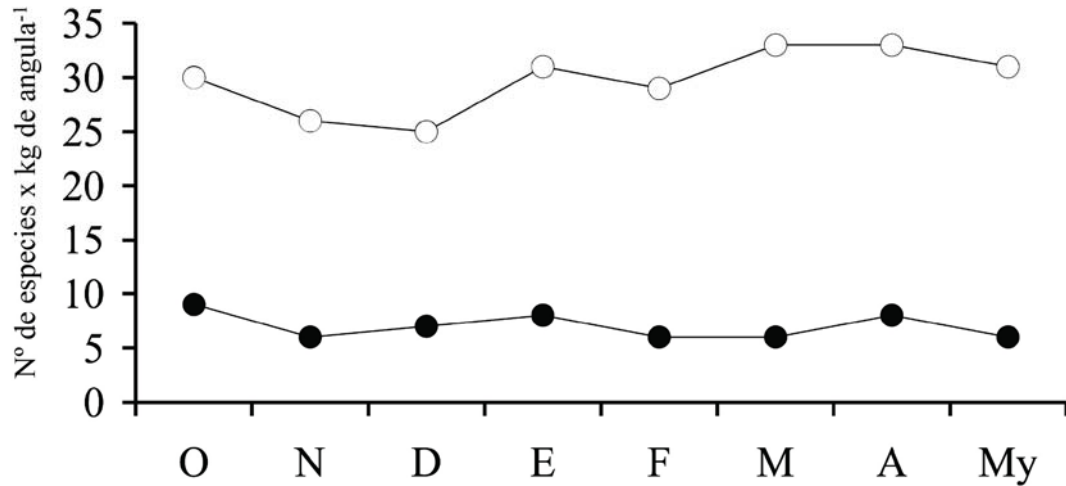
En cuanto a los crustáceos, las especies comerciales más afectadas en los descartes fueron el camarón blanco (*P. longirostris*) y el langostino (*M. keraturus*) del que se llegan a capturar hasta dos kilogramos por kilo de angula (Figura 25).



**Figura 25.** Kilogramos descartados de diversas especies de crustáceos por cada kilogramo de angula capturado.



El número de especies afectadas fue mucho mayor en peces (25-33 x kg angula<sup>-1</sup>) que en crustáceos (6-9 x kg angula<sup>-1</sup>) (Figura 26).



**Figura 26.** Número medio mensual de especies capturadas por kilogramo de angulas de crustáceos (círculos negros) y peces (círculos blancos).

Estos resultados revelan que la pesca de angulas posee un impacto fuertemente negativo sobre las comunidades de peces y crustáceos del Bajo Guadalquivir. Es una pesquería claramente insostenible y muy dañina que necesita de una fuerte regulación, máxime cuando su explotación implica la reducción de los efectivos de otras especies comerciales.

## **6.5. Aspectos a considerar para un plan de conservación de la anguila en el Guadalquivir.**

### ***Aspectos legales sobre la especie en Andalucía.***

A continuación se muestra una relación de los documentos oficiales relacionados con la gestión-conservación de la anguila en Andalucía. El texto concreto de cada uno de estos documentos se muestra en el Apéndice I.

Nos consta que esta legislación va a cambiar drásticamente en nuestra Región, fundamentalmente por la existencia de un borrador de Decreto donde se quiere prohibir la captura y comercialización de la especie en todo el territorio

andaluz. Pero a día de hoy, este decreto aún no está publicado, por lo que en el momento de redactar esta Memoria, no puede ser incluido dentro de esta revisión.

- *Estatuto de Autonomía para Andalucía. Artículos 48.2, 48.3.b), 57.2 y 196.*
- *Decreto 206/2004, de 11 de mayo sobre la Estructura Orgánica de la Consejería de Medio Ambiente. Artículo 1.f.*
- *Decreto 204/2004, de 11 de mayo sobre la de Estructura Orgánica de la Consejería de Agricultura y Pesca. Artículo 1*
- *Orden de 16 de septiembre de 1944 (Ministerio de Agricultura, B.O. 24). Delimitación de jurisdicción administrativa de Ministerios Marina y Agricultura en el río Guadalquivir.*
- *Ley 1/2002, de 4 de abril, de Ordenación, Fomento y Control de la Pesca Marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina: artículo 2.1 y R.D. 2510/1977, de 5 de agosto. Disposición Adicional Primera “Establecimiento de líneas divisorias en desembocaduras de ríos” Artículos 6, 7, 13 y 17.*
- *Orden de 16 de junio de 2004, por la que se declara una Reserva de Pesca en la desembocadura del río Guadalquivir:*
- *Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la flora y la fauna silvestres. Artículos 1, 31, 33, 35, 57, 59 y 62.*
- *Orden de 18 de enero de 2006, por la que se fijan y regulan las vedas y períodos hábiles de pesca continental en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Esta orden regula en su Disposición Adicional Única la pesca en el Bajo Guadalquivir.*
- *Real Decreto 1027/1989 de 28 de julio sobre abanderamiento, matriculación de buques y registro marítimo: Artículo 1. 2. 4.*
- *Reglamento (CE) N° 110/2007 del Consejo de 18 de septiembre de 2007 por el que se establecen medidas para la recuperación de la población de anguila europea.*
- *Orden de 18 de febrero de 2008, por la que se modifica la de 21 de diciembre de 2006 por la que se fijan y regulan las vedas y períodos hábiles de pesca*

*continental en la Comunidad Autónoma de Andalucía (BOJA nº 47 de 7 de marzo de 2008) Artículo 10 y Anexo VII.*

- *Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres (CITES) de obligado cumplimiento por adhesión del Estado Español el 16 de mayo de 1986 (BOE n. 181 de 30/7/1986). En la nueva edición de los apéndices I, II y III (en vigor a partir del 1 de julio de 2008), la anguila queda incluida en su Apéndice II.*

## **6.6. Medidas de gestión.**

De toda la información analizada hasta ahora se deduce lo siguiente:

1.- La anguila se encuentra fuera de los límites de seguridad biológica para la continuidad de su supervivencia.

2.- Este estado de conservación no sólo se detecta a nivel internacional, sino también a nivel nacional y regional. En Andalucía las capturas se han reducido en un 98% desde la década de los 80 del siglo pasado.

3.- La captura de angulas en el Bajo Guadalquivir es una actividad muy dañina y claramente insostenible, impropia del siglo XXI que se desarrolla sobre la zona de cría y engorde de no menos de 25 especies que se explotan comercialmente en el Golfo de Cádiz.

4.- La reducción del número de angulas entrantes, obliga a los pescadores a incrementar el esfuerzo de pesca, dañando aún más la zona de cría y engorde. Por término medio cada kilogramo de angulas supone la pérdida de 66 kg de otras especies, que viene a representar alrededor de 500.000 individuos pertenecientes a 37 especies entre macro-invertebrados y peces.

5.- La totalidad de las embarcaciones dedicadas actualmente a la captura de angulas en el Guadalquivir son ilegales y no cumplen la más mínima reglamentación en materia de navegabilidad y seguridad para el tráfico marítimo.

A continuación se proponen una serie de medidas que a nuestro entender deberían desarrollarse dentro de un futuro plan de conservación de la anguila en la cuenca del Guadalquivir.



***Medidas destinadas a incrementar la tasa de supervivencia de la especie en la zona.***

***1. Establecer una moratoria en la captura de angulas por diez años en el Bajo Guadalquivir.***

Este tiempo es el recomendado por los expertos internacionales (ICES, 2007) para detectar algunos resultados en las medidas de conservación que se van a desarrollar a nivel europeo a partir de enero de 2009.

Dicha moratoria implicaría:

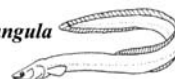
1.- Prohibición de todos los artes dedicados a la captura de angulas y camarón actualmente en vigor (cedazo, cuchara de mano, cuchara de proa o coriana, cuchara o bandas laterales y persiana) y la prohibición del uso de la red de 1 mm de luz de malla en aguas del estuario del Guadalquivir. Se debería prohibir, además, su comercialización no regulada y consumo.

2.- Retirada de las embarcaciones ilegales del Bajo Guadalquivir, en especial las que posean el arte de persiana instalado. Se debería estudiar la subvención de las embarcaciones a los pescadores, para su retirada y desguace.

3.- Durante los primeros meses de la aplicación de estas medidas se debería establecer un sistema de información y vigilancia en la zona por parte de las autoridades competentes.

***2. Desarrollar un programa de control de las redes cangrejas y su impacto sobre la población de angulas del Bajo Guadalquivir.***

Actualmente el cangrejo rojo de río (*Procambarus clarkii*) tiene una producción en Andalucía que supera las 3000 Tm y mantiene una industria de 8 empresas, 3 productoras y procesadoras de cangrejo dedicadas al mercado nacional e internacional y 5 viveros dedicados al mercado nacional (<http://www.mispecies.com/noticias/2005/nov/051110-cangrejo.asp> visualizado el 11 de abril de 2009). La mayoría de esta producción se da en las marismas del Guadalquivir.



El arte de pesca por antonomasia para la captura del cangrejo rojo es la nasa cangrejera, un arte del que debe haber varias decenas de miles repartidas por todas las marismas a juzgar por las 3000 Tm producidas.

La nasa también ha sido el arte de pesca más eficiente para la captura de anguilas en las marismas. El impacto que esta enorme cantidad de redes debe estar causando a la población de anguilas de las marismas del Guadalquivir está por estudiar.

Por ello proponemos el desarrollo de un estudio que responda como mínimo a las siguientes cuestiones:

- 1.- Número de nasas cangrejas en activo y zonas de pesca en el Bajo Guadalquivir.
- 2.- Número de pescadores. Nivel de legalidad.
- 3.- Estado legal de los artes de pesca.
- 4.- Impacto de las redes cangrejas sobre la población de anguilas del Bajo Guadalquivir: volumen de capturas.
- 5.- Redes de comercialización.
- 6.- Desarrollo de un plan de gestión de acuerdo con las cofradías de pescadores.

### *3.- Dinámica de la especie en las instalaciones acuícolas.*

Es de esperar que la prohibición de la pesca de angulas genere un incremento de la densidad de anguilas en el Bajo Guadalquivir. Ello beneficiará a otras dos actividades de la zona, una la de los cangrejeros que verán sin duda incrementada las capturas de anguilas (ver apartado anterior) y la de los acuicultores. Por ello es necesaria una regulación de la producción de estas instalaciones, que de acuerdo al Reglamento 1100/2007 deberán liberar el 40% de sus capturas. Para su regulación se deberá hacer un estudio para conocer al menos los siguientes parámetros:

- 1.- Instalaciones acuícolas en la zona del Bajo Guadalquivir susceptibles de captar activa o pasivamente angulas y anguilas. Épocas de entrada y captación.
- 2.- Densidad de anguilas en las balsas de engorde. Volumen de capturas.
- 3.- Épocas de despesques y manejo de las capturas de anguilas.
- 4.- Incidencia de enfermedades y contenido en metales pesados y PCBs.

- 5.- Proporción de sexos y tasas de crecimiento.
- 6.- Forma de retirada y manejo del 40%. Indemnizaciones.
- 7.- Traslado y destino de las anguilas recogidas.

#### *4.- Cambio en la Categoría de Conservación de la especie en Andalucía y modificación de su status legal.*

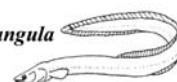
Dada la situación en la que se encuentra la especie, se propone recalificar la categoría de conservación que actualmente posee la especie en el Libro Rojo de los Vertebrados de Andalucía (Junta de Andalucía, 2001), de Riesgo Menor-Casi Amenazada (LR-nt), por la de EN PELIGRO CRÍTICO (CR) siguiendo los mismos criterios “A2bd+4bd” que ha dado la UICN para incluirla en esta categoría en su nueva catalogación de 2008 (<http://www.iucnredlist.org/details/60344>).

Al mismo tiempo se debería modificar Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la flora y la fauna silvestres (BOJA nº 218 de 12 de noviembre de 2003) para incluir la especie dentro del Catálogo Andaluz de Especies Amenazadas en la categoría de “ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN”.

#### *5.- Catalogación y tipificación de las centrales hidroeléctricas de la cuenca del Guadalquivir.*

El problema de las rutas migratorias fluviales de las anguilas es doble pues cada barrera ha de ser superada dos veces, una en la ida y otra en la vuelta y cada ruta migradora presenta una problemática diferente. Aguas arriba las anguilas pueden verse afectadas por muros infranqueables y aguas abajo, pueden encontrarse con las turbinas de las centrales hidroeléctricas. Si existen zonas con elevado riesgo de mortalidad durante la migración aguas abajo es absurdo realizar mejoras en la migración anádroma.

Por ello se propone realizar un catálogo de todas las centrales hidroeléctricas existentes en la cuenca del Guadalquivir. Su ubicación y funcionamiento condicionará la selección de esa cuenca como hábitat potencial de crecimiento de la especie.



### ***Medidas encaminadas a incrementar el hábitat de crecimiento de la especie.***

Los obstáculos a la migración en los sistemas fluviales constituyen uno de los grandes factores responsables del dramático descenso de las poblaciones de anguilas. Las barreras impiden a las anguilas colonizar extensas zonas de las cuencas, reduciendo así la producción de grandes y fecundos desovadores.

Dada la severa fragmentación de los ríos andaluces en general y del Guadalquivir en particular, es necesario realizar un estudio para la selección de tramos donde se produzca la colonización natural de la especie y que esa colonización sea tanto desde el mar al río como del río al mar.

#### ***1. Catalogar los obstáculos a las rutas migratorias en las cuencas fluviales ubicadas por debajo de la presa de Alcalá del Río.***

Las presas de Alcalá del Río y de Cantillana, situadas en el cauce principal del Bajo Guadalquivir, forman un doble tapón absolutamente infranqueable para la especie que ha reducido en casi un 90% su hábitat de crecimiento en este río (Figura 13), dado que su permeabilización es harto difícil, se propone actuar en un primer lugar sobre las cuencas fluviales ubicadas por debajo de la presa de Alcalá del Río.

Se deberían catalogar todas las estructuras que impidan o limiten el libre acceso de la especie a los distintos hábitats fluviales aguas arriba de las cuencas que viertan directamente al cauce principal del Guadalquivir por debajo de la presa de Alcalá del Río, concretamente el Rivera de Huelva, Guadiamar y arroyo de la Rocina por la margen derecha y Guadaíra y arroyo Salado por la izquierda.

En una primera fase se debería hacer un catálogo de estructuras mediante fotografía aérea. Estas estructuras se visitarían más tarde y se comprobaría si realmente constituyen o no una barrera para el movimiento de la especie. Aquellos tramos donde el cauce fluvial no pueda ser observado por la existencia de vegetación riparia se recorrerían a pié. El estudio debería empezar por el cauce principal de cada cuenca y se iría ampliando sucesivamente a los afluentes más importantes.

El proceso finalizará con un catálogo donde se incluirá para cada obstáculo sus coordenadas UTM, características físicas, medidas y sugerencias para su permeabilización.

## *2. Catalogar los obstáculos a las rutas migratorias en el Espacio Natural Doñana.*

Según ICES (2007), los hábitats de profundidad inferior a 10 m con oscilaciones de nivel (mareales o de inundaciones periódicas) son los más apropiados para la anguila que gusta del forrajeo en los parajes recién inundados. En este sentido espacios naturales como Doñana pueden jugar, *a priori*, un importante papel en la recuperación de la especie.

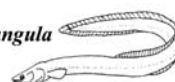
Se propone realizar un estudio en el Espacio Natural de Doñana catalogando todas aquellas estructuras que impidan la libertad de movimientos de la especie. La actividad finalizará con un catálogo donde se incluirá para cada obstáculo sus coordenadas UTM, características físicas, medidas y sugerencias de permeabilización.

## *3. Catalogar los espacios naturales de Andalucía susceptibles de albergar angulones capturados previamente en el estuario del Guadalquivir: repoblaciones.*

Como medida urgente para producir desovadores de elevada calidad biológica y dada la severa fragmentación de los ríos andaluces, se propone capturar angulones (evitando la fase de angula donde la mortalidad es muy elevada) e introducirlos en espacios naturales apropiados. En estas zonas se les deja vivir hasta alcanzar la fase de anguila plateada, momento en el cual se recapturarían y transportarían al estuario donde se les liberaría, facilitando así su entrada en la ruta marina del desove en el Mar de los Sargazos.

Lo que proponemos es hacer un estudio sobre los espacios naturales declarados protegidos en nuestra Región y estudiar su idoneidad para albergar poblaciones de anguilas.

Los hábitats a seleccionar deberán cumplir entre otros requisitos los siguientes: prohibición de pesca (con redes o caña), endorreicos, bajos niveles de PCBs, heterogéneos, superficiales, con escasez de predadores (fundamentalmente cormoranes), de sustrato blando, con vegetación sumergida e irregularidades en el fondo (i.e. grietas-hendiduras) que creen refugios.



Los ejemplares utilizados en las repoblaciones deberían estar libres de parásitos y enfermedades. Para evitar en parte este problema se pretende capturar angulones mediante trampas de anguilas (ver Apéndice IV) ubicados en sitios estratégicos (como por ejemplo la presa de Alcalá del Río). La suelta en primavera, época de abundante alimento y buenas temperaturas, de estos ejemplares aseguraría un crecimiento apropiado incrementando su tasa de supervivencia.

Como paso previo para desarrollar esta actividad se debería establecer un protocolo de actuación en el que se tuviese en cuenta la captura y traslado a las instalaciones de mantenimiento, tiempo de permanencia (3-4 meses), recaptura y traslado a las zonas de suelta, densidades (0,1 kg/Ha). Plan de seguimiento de los ejemplares liberados (marcaje, peso, longitud, examen macroscópico, nivel de maduración, etc.). Método de recaptura y traslado al estuario para su liberación e inicio de la migración hacia las zonas de desove.

### ***Medidas encaminadas a incrementar el conocimiento de la especie en Andalucía.***

Según el Apartado 5 del Artículo 2 del Reglamento (CE) No 1100/2007 del Consejo, el objetivo final del plan de conservación de la especie es conseguir un nivel de fuga de al menos 40% de la biomasa de anguilas plateadas. Para conocer el nivel de fuga actual del Guadalquivir es necesario desarrollar una serie de estudios previos dedicados a la toma de datos que sirvan para estimar el reclutamiento de la especie, las tasas de mortalidad natural, el patrón de crecimiento, producción de anguilas amarillas y anguilas plateadas y el nivel de fuga potencial.

#### ***1. Estudio del reclutamiento en la anguila del Guadalquivir.***

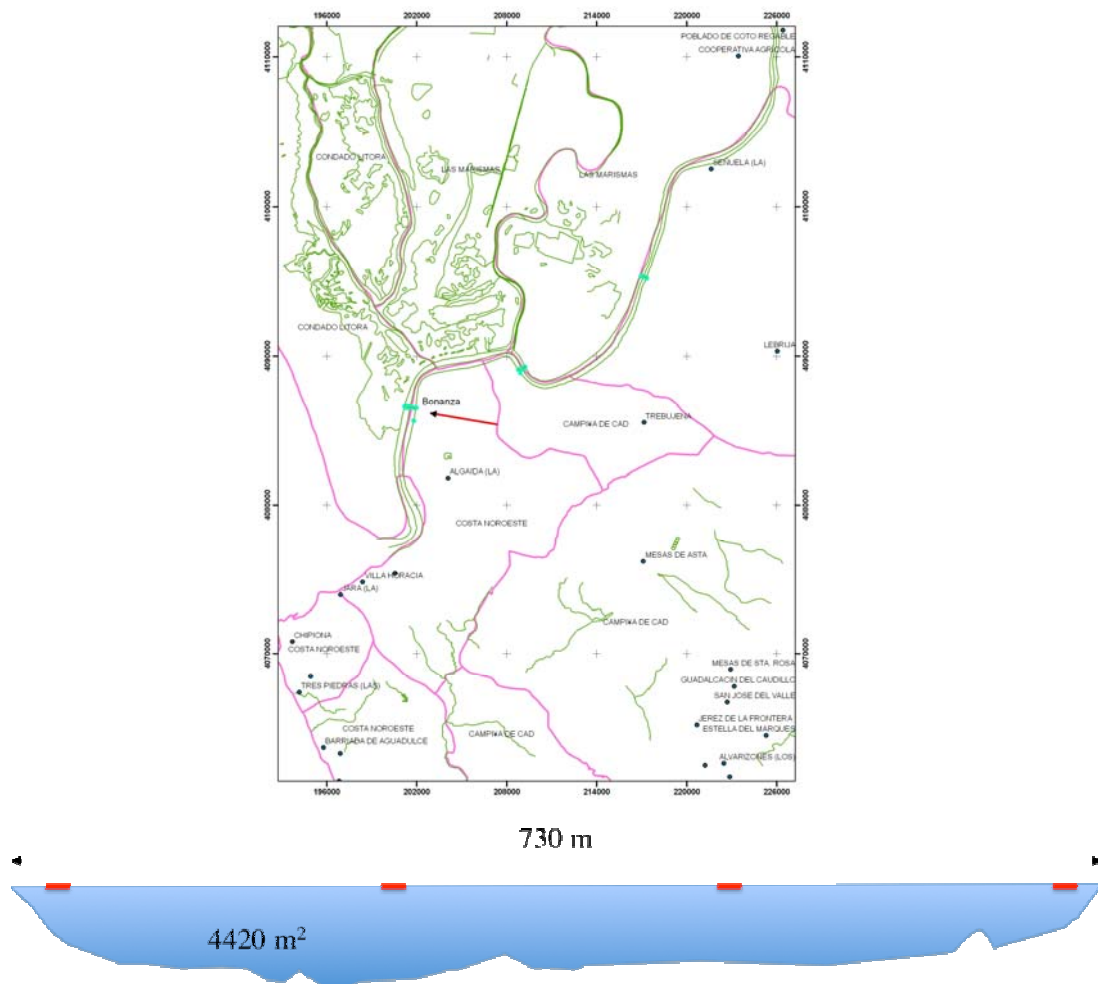
El conocimiento de la cantidad de reclutas que entran al Guadalquivir es crucial para el plan de gestión y conservación de la especie. Dicha cantidad será básica a la hora de establecer el grado de éxito del plan de conservación de la anguila a nivel paneuropeo.

Se propone realizar cuatro muestreos mensuales a lo largo del periodo de máximo reclutamiento de la especie en el Guadalquivir establecido en 7 meses:

octubre a abril, en una misma zona del Bajo Guadalquivir, justo a la entrada (Figura 27).

La periodicidad de los muestreos será coincidente con los ciclos lunares (~28 días), y se realizarán en una misma fase lunar, luna nueva, para evitar variaciones temporales no deseables. Muestrear siempre en una misma fase lunar hace que las horas de pesca sean prácticamente coincidentes, lo que evita también la variabilidad relacionada con el ciclo de luz.

Las capturas se realizarán desde un pequeño barco tipo “angulero-camaronero” equipado con el denominado arte de “persiana” y red “mosquitera” y la metodología de captura será la misma que la utilizada en este estudio (Ver Capítulo II).

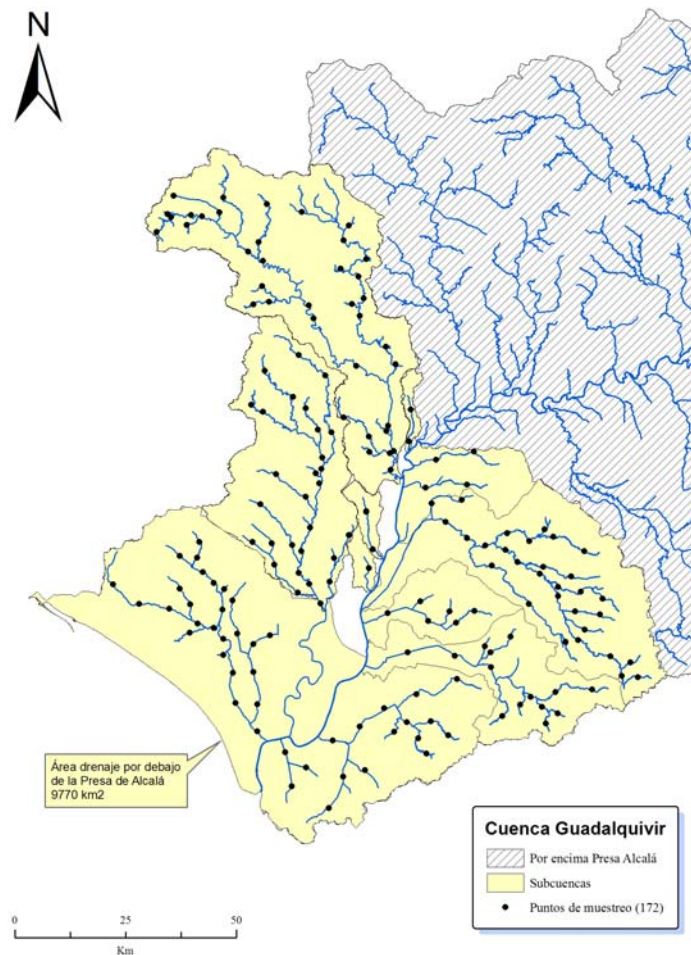


**Figura 27.** Localización del punto de muestreo propuesto (Bonanza) arriba y corte transversal del mismo con la ubicación de los cuatro puntos de muestreo propuestos.



## 2. Distribución y status de la especie en cuencas por debajo de la presa de Alcalá y estuario del Guadalquivir.

La tarea es necesaria para conocer el grado de éxito de las venideras medidas de gestión que se van a realizar en las cuencas propuestas. Se propone muestreos anuales en primavera en diversos puntos a determinar de las distintas cuencas aguas debajo de la presa de Alcalá del Río (Figura 28). Los tramos a muestrear deberán ser vadeables y el método de captura será la pesca eléctrica. Los muestreos se harán de forma semicuantitativa estimando la densidad de individuos por 100 m<sup>2</sup> de cauce fluvial. Los ejemplares capturados se pesarán y medirán y se les realizará un examen macroscópico sobre su estado de salud. Una vez examinados se propone marcarlos mediante microchips magnéticos que permitirán ver su evolución estacional al tiempo que permitirá conocer sus desplazamientos.



**Figura 28.** Área de estudio por debajo de la presa de Alcalá del Río. Los puntos indican zonas del primer muestreo exploratorio del que saldrán las estaciones de seguimiento.



Igualmente se llevará a cabo una serie de muestreos con nasas en diversos puntos a determinar de las marismas del Guadalquivir (humanizadas y naturales).

Una primera fase podría ser exploratoria para conocer la situación, mientras que en campañas sucesivas se irían progresivamente seleccionando los puntos de muestreo que servirán para un seguimiento a largo plazo tanto en ríos como en el estuario.

### *3. Estado de infección de la anguila del Guadalquivir por parásitos y virus.*

Dada la ausencia de datos sobre este proceso en la cuenca del Guadalquivir, se propone un estudio prospectivo para conocer la situación real de los distintos patógenos sobre la especie en la cuenca del Guadalquivir.

Con dicho estudio se sabrá no sólo el grado de infección de la población de anguilas del Guadalquivir sino también las zonas más y menos afectadas y la edad y/o longitud de los ejemplares afectados.

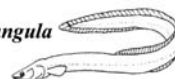
### *4. Nivel de contaminación por PCBs en anguilas andaluzas y sus hábitats.*

Es necesario desarrollar un estudio que establezca el nivel de contaminación de las anguilas producidas en el Guadalquivir así como las zonas más y menos contaminadas de la cuenca. El estudio es necesario igualmente para seleccionar los espacios naturales más favorables para la introducción.

### *5. Determinar el nivel de fuga de anguilas plateadas.*

Según el Apartado 5 del Artículo 2 del Reglamento (CE) No 1100/2007 del Consejo, para alcanzar el objetivo de conseguir un nivel de fuga de al menos 40% de la biomasa de anguilas plateadas se tendrá en cuenta los datos de que se disponga para cada una de las cuencas fluviales de la anguila en una o más de las siguientes maneras:

- (a) Utilización de los datos en el periodo más adecuado antes de 1980 siempre que se disponga de ellos en cantidad y calidad suficientes.
- (b) Una evaluación basada en el hábitat de la producción potencial de anguila, en ausencia de factores de mortalidad antropogénica.
- (c) Con referencia a la ecología e hidrografía de sistemas fluviales similares.



En la cuenca Guadalquivir no existen datos para poder calcular la producción de anguila plateada ni anteriores a 1980 ni actuales por lo que es imposible estimar el nivel de fuga en base a estos parámetros.

Para conocer el nivel de fuga actual del Guadalquivir sería necesario desarrollar una serie de estudios previos que incluyeran:

- Un periodo de toma de datos.
- Un programa paralelo de evaluación del stock, con estimas del nivel de fuga de anguila plateada:
  - Mortalidad por pesquerías.
  - Mortalidad natural.
  - Mortalidad antrópica distinta a las pesquerías.
  - Mortalidad total.
  - Estimaciones del reclutamiento total.
  - Producción de anguilas amarillas y anguilas plateadas.
  - Estimaciones del patrón de crecimiento.
- La aplicación de las tres opciones propuestas en el Apartado 5 del Artículo 2 del Reglamento (CE) No 1100/2007 del Consejo para hacer estimas previas de la producción original y el nivel de fuga actual.
- Desarrollo de modelos que nos permitieran conocer el nivel de fuga potencial.

### ***Medidas transversales.***

#### ***1. Elaboración de una base de datos para la anguila.***

Crear una base de datos sobre todos los aspectos relativos a la conservación y gestión del stock de anguilas de Andalucía. Esta base servirá para evaluar la calidad de los desovadores a nivel europeo. Entre otra información se deberían considerar los siguientes parámetros:

- Datos del punto de muestreo: cuenca, subcuenca, localidad, coordenadas UTM, etc...
- Datos relativos al muestreo: fecha, número de anguilas, tamaño, estado, etc...
- Contenido en grasa: Min (%), Max (%) y Media (%)

-. Datos de PCB: PCB28, PCB31, PCB52, PCB101, PCB105, PCB118, PCB138, PCB153, PCB156, PCB180, etc.

-. Datos de pesticidas:  $\alpha$ HCH,  $\gamma$ HCH (Lindano, Dieldrina, Aldrina, Endrina, Hexachlorobenzeno (HCB), p,p'DDD (TDE), p,p'DDT, p,p'DDE, transnonachlor, etc.

-. Datos de metales pesados: Cd, Hg, Pb, Cr, Ni, Cu, Zn, As y Se.

-. Datos de patógenos:

*Anguillicola*: nº de zonas muestreadas, nº de zonas infectadas, prevalencia, intensidad de la infección, abundancia, etc.

Otros patógenos: nº de zonas muestreadas, nº de zonas infectadas, prevalencia, intensidad de la infección, abundancia, etc.

-. Información sobre la pesca de la anguila en las cuencas andaluzas: capturas, datos históricos, métodos de pesca, colectivo implicado, técnicas de comercialización, etc...

-. Información sobre la anguicultura en las cuencas andaluzas: producción, captura, técnicas de explotación, datos de producción, técnicas de comercialización, etc...

-. Revisión bibliográfica: datos sobre la anguila en Andalucía, España, Península Ibérica y Unión Europea.

## 2. Programa de sensibilización ambiental.

El apoyo del público en general es esencial para el éxito en la recuperación de una especie. Por ello se recomienda desarrollar un programa de información y sensibilización que dé a conocer los problemas por los que atraviesa la especie y la necesidad de su conservación. Explicar cómo el paupérrimo estado de conservación de la especie ha llevado a prohibir su captura y consumo.

Las capturas, traslado y suelta de angulones en los ecosistemas receptores, en colaboración con colegios, pueden ser una buena propaganda para la especie y una buena forma de sensibilización.

Este programa deberá estar orientado fundamentalmente al entorno social en relación directa con la especie como el Bajo Guadalquivir, Marismas del Odiel y Barbate, desembocadura del río Piedras, etc.



## **6.7. Conclusiones.**

Después de reunir la información existente sobre la problemática de la conservación de la anguila en la cuenca del Guadalquivir y proponer recomendaciones desde el contexto académico para la elaboración del Plan de Conservación de la anguila, las conclusiones que pueden extraerse son:

- (1) La pérdida del hábitat por fragmentación del corredor fluvial y la explotación comercial parecen ser los factores responsables de los problemas de conservación de la anguila en la cuenca del Guadalquivir. A estos podría añadirse el contenido en metales pesados y otros productos tóxicos, aunque hay poca información sobre ello.
- (2) La evaluación de la información disponible confirma el drástico descenso de la especie en el estuario del Guadalquivir, coincidiendo con lo detectado en otras zonas europeas.
- (3) La pesca de la anguila en el Bajo Guadalquivir ejerce un fuerte impacto negativo sobre la zona de cría y engorde allí existente, considerada además uno de los puntos calientes de la biodiversidad andaluza.
- (4) Las especies piscícolas más afectadas fueron los mugílidos, la anguila amarilla, el boquerón, la baila y la sardina. Mientras que entre los crustáceos lo fueron el camarón blanco y el langostino.
- (5) Dado el paupérrimo estado de conservación de la especie en la cuenca del Guadalquivir, se presentan una serie de medidas que sin duda incrementarían el nivel de conservación de la especie en la zona.

## 6.8. Bibliografía.

- Amepro (Americana de Proyectos, S.A.) (1999). *Ordenación de la actividad pesquera en el estuario del Guadalquivir*. Informe final.
- Baluja, G., J. Gonzalez, C. Rico and L. M. Hernández (1985). Sources and transport of organochlorine compounds and heavy metals into waters of the National Park of Doñana. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 35, 482-489.
- Boubee, J. A. T. and E. K. Williams (2006). Downstream passage of silver eels at a small hydroelectric facility. *Fisheries Management and Ecology* 13 (3): 165-176
- Bruslé, J. (1994). L'anguille Européenne *Anguilla anguilla*, un poisson sensible aux stress environnementaux et vulnérable à diverses atteintes pathogènes. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 335, 237-260.
- Consejería de Medio Ambiente, (2001). *Libro rojo de los vertebrados amenazados de Andalucía*. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Decharleroy, D., L. Grisez, K. Thomas, C. Belpaire and F. Ollevier (1990). The life-cycle of anguillicola-crassus. *Diseases of Aquatic Organisms* 8(2): 77-84.
- Dekker, W. (1998). Long-term trends in the glasseels immigrating at Den Oever, The Netherlands. *Bulletin Francaise Pêche Pisciculture* 349, 199-214.
- Dekker, W. (2003). Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla anguilla*?. *Fisheries Management and Ecology* 10, 365-376.
- Dekker, W. (2003b). Status of the European eel stock and fisheries. In: K. Aida, K. Tsukamoto & K. Yamauchi (eds) *Eel Biology*. Tokyo: Springer-Verlag, 237-254.
- Drake, P., A. M. Arias, F. Baldó, J. A. Cuesta, D. García-gonzález, A. Silva-garcía, A. Rodriguez, I. Sobrino and C. Fernández-Delgado (2002). Spatial and temporal variation of the nekton and hyperbenthos from a temperate European estuary with regulated freshwater inflow. *Estuaries*, 25: 451-468.
- Establier, R. (1975). Contenido en mercurio de las anguilas (*Anguilla anguilla*) de la desembocadura del río Guadalquivir y esteros de las salinas de la zona de Cádiz. *Investigación Pesquera*, 39 (1): 249-255.
- Fernández-Delgado, C. (1987). *Ictiofauna del Estuario del Guadalquivir: Su distribución y biología de las especies sedentarias*. Tesis. Universidad de Cordoba, Sevilla, Spain.
- Fernández-Delgado, C., J. A. Hernando, M. Herrera and M. Bellido (1989). Age and growth of yellow eels, *Anguilla anguilla*, in the estuary of Guadalquivir river (south-west Spain). *Journal of Fish Biology* 34, 561-570.
- Fernández-Delgado, C., A. Arias, D. García-González y P. Drake (2000). *Peces de Doñana y su entorno*. Serie Técnica. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

- Fernández-Delgado, C., F. Baldó, C. Vilas, D. García-gonzález, J. A. Cuesta, González- E. Ortégón and P. Drake (2007). Effects of the river discharge management on the nursery function of the Guadalquivir River Estuary (SW Spain). *Hidrobiología* 587: 125-136..
- Fernández-Delgado, C. y P. Drake (2008). Efectos del accidente minero de aznalcóllar sobre la comunidad de peces del río guadiamar y estuario del guadalquivir. En *La restauración ecológica del río Guadiamar*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Feunteun, E. (2002). Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): an impossible bargain. *Ecological Engineering* 18: 575–591.
- Gisbert, E. and M. A. López (2008). Impact of glass eel fishery on by-catch fish species: a quantitative assessment. *Hydrobiología* 602:87-98.
- Hadderingh, R. H. and H. D. Bakker (1998). Fish mortality due to passage through hydroelectric power stations on the Meuse and Vecht Rivers. En M. Jungwirth (ed). Fish Migration and Fish Bypasses: 315-328. ICES (International Council for the Exploration of the Sea). (2007) *Report of the EIFAC/ICES Working Group on Eels*. ICES CM 2007/ACFM:
- Kennedy, C. R. and D. J. Fitch (1990). Colonization, larval survival and epidemiology of the nematode *Anguillicola crassus*, parasitic in the eel, *Anguilla anguilla*, in Britain. *Journal of Fish Biology* 36(2): 117-131.
- Kirk, R. S. (2003). The impact of *Anguillicola crassus* on European eels. *Fisheries Management and Ecology* 10(6): 385-394.
- Knights, B. (1997). Risk assessment and management of contamination of eels (*Anguilla* spp.) by persistent xenobiotic organochlorine compounds. *Chemistry and Ecology*. 13, 171–212.
- Knights, B. and E. White (1998). Enhancing immigration and recruitment of eels: the use of passes and associated trapping systems. *Fisheries Management and Ecology* 5: 459–471.
- Moriarty, C. and W. Dekker (1997). Management of the European eel. *Fisheries Bulletin (Dublin)* 15: 125 p.
- Palstra, A. P., V. J. T. van Ginneken, A. J. Murk and G. E. E. J. M. van den Thillart (2006). Are dioxin-like contaminants responsible for the eel (*Anguilla anguilla*) drama? *Naturwissenschaften* 93 (3): 145–148.
- Rico, M. C., L. M. Hernández, M. J. González, M. A. Fernández and M. C. Montero (1987). Organochlorine and metal pollution in aquatic organisms sampled in the Doñana National Park during the period 1983-1986. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 39 (6): 1076-1083.
- Rincon, F. (1986). *Investigaciones sobre metales pesados en peces del río Guadalquivir*. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba.
- Robinet, T. and E. Feunteun (2002). Sublethal effects of exposure to chemical compounds: a cause for the decline in Atlantic eels? *Ecotoxicology* 11: 265–277.

- Rosell, R., D. Evans and M. Allen (2005). The eel fishery in Lough Neagh, Northern Ireland – an example of sustainable management? *Fisheries Management and Ecology*. 12: 377–385.
- Sobrinho, I., Baldó F., García-González D., Cuesta J. A., Silva-García A., C. Fernández-Delgado, A. M. Arias, A. Rodríguez and P. Drake (2005). The Effect of estuarine fisheries on juvenile fish observed within the Guadalquivir Estuary (SW Spain). *Fisheries Research* 76, 229-242.
- Starkie, A. (2003). Management issues relating to the European eel, *Anguilla anguilla*. *Fisheries Management and Ecology* 10: 361–364.
- Usero, J., C. Izquierdo, J. Morillo and I. Gracia (2004). Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. *Environment International* 29 (7) : 949-956.
- Winter, H. V., H. M. Jansen and M. C. M. Bruijs (2006). Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the in the River Meuse. *Ecology of Freshwater Fish* 15 (2): 221-228.



# CAPÍTULO VII

---

**Conclusiones generales.**





(1) El reclutamiento de la anguila en el estuario del Guadalquivir se desarrolló durante todo el año con dos máximos uno en otoño-invierno y otro, de menor entidad, en primavera. Este patrón se repitió a lo largo de los diez ciclos anuales considerados en el estudio.

(2) Aunque el reclutamiento medio varió significativamente de unos años a otros, en general el periodo de entrada máxima siempre estuvo comprendido entre octubre y mayo.

(3) Talla, masa e índice de condición fueron máximos al inicio del periodo de reclutamiento (octubre) y disminuyeron progresivamente conforme avanzó la estación hasta alcanzar un mínimo en primavera. No obstante, al final de esa estación se observó una recuperación de la longitud y la masa que pudo estar relacionada con un aumento del fitoplancton detectado por las mismas épocas en el Golfo de Cádiz.

(4) Se detectó una variación espacial significativa de la talla, masa e índice de condición. Los individuos más grandes y pesados y de mejor condición física se encontraron en la estación más alejada de la desembocadura.

(5) En el estuario del Guadalquivir se detectaron los 8 estados de pigmentación descritos para la especie, aunque los más abundantes fueron el  $V_A$  y el  $V_B$ . La tasa media de pigmentación de los reclutas aumentó significativamente conforme lo hizo el periodo de reclutamiento. Las variables ambientales que mejor explicaron este aumento pigmentario fueron la temperatura y, en menor medida, la turbidez.

(6) Espacialmente se detectaron diferencias significativas en el grado de pigmentación. Las estaciones más alejadas de la desembocadura

poseían más individuos pigmentados que las más cercanas. El grado de pigmentación estuvo relacionado con un aumento de la temperatura y una disminución de la salinidad.

(7) Masa, talla e índice de condición disminuyeron con el grado de pigmentación de los individuos hasta un mínimo en el estadio VI<sub>A3</sub>, momento en donde estos parámetros comenzaron a aumentar, en relación clara con un reinicio de la actividad trófica.

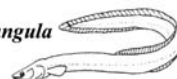
(8) Las mayores densidades de angulas se dieron con bajas temperaturas, alta turbidez del agua y precipitaciones elevadas.

(9) El flujo neto de entrada de angulas disminuyó aguas arriba al tiempo que el de salida aumentó. Una vez en el tramo de agua dulce, las angulas parece ser que detienen su migración para adaptar su metabolismo a las nuevas condiciones ambientales.

(10) Las angulas utilizaron fundamentalmente las mareas crecientes para migrar río arriba; ambas (diurna y nocturna) en la estación más próxima a la desembocadura (Bonanza) y principalmente la nocturna en las zonas interiores del estuario.

(11) Las mayores densidades se detectaron en las estaciones más alejadas de la desembocadura donde la temperatura y la salinidad fueron más bajas y la turbidez más elevada.

(12) La pesca de la angula ejerce un fuerte impacto negativo sobre las comunidades de peces y crustáceos del Bajo Guadalquivir. Las especies de peces más afectadas son los mugílidos, la anguila amarilla, el boquerón, la baila, la sardina y el torito. En cuanto a los crustáceos lo fueron el camarón blanco y el langostino.



**(13)** La evaluación de la información disponible sobre la especie en el estuario del Guadalquivir confirma el drástico descenso del reclutamiento de la anguila, ya detectado en multitud de estuarios europeos.

**(14)** La pérdida de hábitat de crecimiento por innumerables barreras transversales y la sobrepesca, constituyen los principales problemas de conservación detectados para la especie en la cuenca del Guadalquivir. Se realiza una propuesta de directrices para elaborar el Plan de Conservación de la anguila en la cuenca del Guadalquivir donde se proporcionan las líneas de gestión para la especie mientras no se realice un Plan de Recuperación como documento técnico-administrativo para Andalucía.



# APÉNDICES\*

---

## **Apéndice I.**

Aspectos legales relativos a la conservación y gestión de la anguila en la cuenca del Guadalquivir y texto íntegro del *Reglamento (Ce)No 1100/2007 del Consejo de 18 de septiembre de 2007 por el que se establecen medidas para la recuperación de la población de anguila europea.*

## **Apéndice II.**

Artes de pesca comúnmente utilizados en la captura de angulas y anguilas en el Bajo Guadalquivir.

## **Apéndice III.**

Número de individuos capturados por kilogramo de angula pescada.

## **Apéndice IV.**

Pasos artificiales para angulas y anguilas.

\* Incluidos sólo en el documento digital.

## **Apéndice I.**

Aspectos legales relativos a la conservación y gestión de la  
anguila en la cuenca del Guadalquivir y texto íntegro del *Reglamento (Ce)*  
*No 1100/2007 del Consejo de 18 de septiembre de 2007*  
*por el que se establecen medidas para la recuperación de la población de*  
*anguila europea.*

1. Estatuto de Autonomía para Andalucía y Decretos de estructura orgánica de las Consejerías de Medio Ambiente y Agricultura y Pesca:

1.1 Estatuto de autonomía:

El Estatuto de Autonomía para Andalucía en su artículo 48.2 declara que “Corresponde a la Comunidad Autónoma la competencia exclusiva en materia de pesca marítima y recreativa en aguas interiores, marisqueo y acuicultura, almadraba y pesca con artes menores, el buceo profesional y la formación y las titulaciones en actividades de recreo”.

Asimismo en el artículo 48.3.b) afirma que corresponde también a la Comunidad Autónoma Andaluza la competencia exclusiva sobre la “Ordenación del sector pesquero andaluz, en particular en lo relativo a las condiciones profesionales para el ejercicio de la pesca, construcción, seguridad y registro de barcos, lonjas de contratación, y la formación, promoción y protección social de los pescadores y trabajadores de la pesca. Investigación, innovación, desarrollo y transferencia tecnológica y formación pesquera”.

Por su parte el artículo 57.2. expone que “Corresponde a la Comunidad Autónoma la competencia exclusiva en materia de caza y pesca fluvial y lacustre que incluye en todo caso la planificación y la regulación de estas materias; y la regulación del régimen de intervención administrativa de la caza y la pesca, de la vigilancia y de los aprovechamientos cinegéticos y piscícolas”.

Por último el artículo 196 afirma: “Uso sostenible de los recursos naturales. Los poderes públicos promoverán el desarrollo sostenible, el uso racional de los recursos naturales garantizando su capacidad de renovación, y la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera. Asimismo la Comunidad Autónoma promocionará la educación ambiental en el conjunto de la población”.

1.2 Decreto 206/2004, de 11 de mayo, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Medio Ambiente

El Decreto de Estructura Orgánica de la Consejería de Medio Ambiente expone las competencias de esta consejería en lo relativo a la pesca en el artículo 1.f): “El



estudio, protección y conservación de la flora y fauna silvestre, de sus hábitats, y el aprovechamiento sostenible de los recursos cinegéticos y piscícolas”.

1.3 Decreto 204/2004, de 11 de mayo, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Agricultura y pesca

El Decreto de Estructura Orgánica de la Consejería de Agricultura y Pesca expone las competencias de esta consejería en la materia en el Artículo 1:

“1. Corresponden a la Consejería de Agricultura y Pesca las competencias atribuidas a la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de la política agraria, pesquera, agroalimentaria y de desarrollo rural.

2. En particular, corresponden a la Consejería de Agricultura y Pesca las competencias en materia de:

- a) Ordenación y mejora de los sectores agrario y pesquero.
- b) Ordenación y fomento de las producciones agrarias y pesqueras, de sus medios de producción, así como las relativas a la sanidad animal y vegetal.
- d) Ordenación y fomento de las industrias agrarias y pesqueras, promoción y control de la calidad alimentaria, denominaciones de origen y Consejos Reguladores y demás relacionadas con la política alimentaria.
- i) Pesca en aguas interiores, marisqueo y acuicultura.”

2. Orden de 16 de septiembre de 1944 (Mº. Agric., B.O. 24). Delimitación de jurisdicción administrativa de Ministerios Marina y Agricultura en el río Guadalquivir:

La orden dispone aprobar como línea de delimitación de jurisdicción administrativa de los Ministerios de Marina y Agricultura, a los efectos de pesca fluvial del río Guadalquivir, la imaginaria cuyos extremos son: el Morro de la Margen izquierda del “Caño del Yeso” y la “Boya fija” instalada frente a este Morro en la margen derecha del río Guadalquivir.

3. Ley 1/2002 de 4 de abril, de ordenación, fomento y control de la Pesca Marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina:

La Ley 1/2002, de 4 de abril, de Ordenación, Fomento y Control de la Pesca Marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina tiene por objeto la regulación de diversas materias sobre las que la Comunidad Autónoma de Andalucía tiene atribuidas las competencias. Entre estas competencias se encuentran las siguientes:

- 1.La explotación racional de los recursos pesqueros en aguas interiores.
- 2.La pesca marítima profesional en aguas interiores y el marisqueo.
- 3.La pesca marítima de recreo en aguas interiores.
- 4.La mejora y adaptación de la flota pesquera andaluza.

Según lo establecido en el artículo 2.1 de la ley se entenderá por pesca marítima en aguas interiores “la que se ejerce en las aguas comprendidas entre las líneas de base rectas establecidas en el R.D. 2510/1977, de 5 de agosto, como límite externo, y como límite interno la costa y para la desembocadura de los ríos, el que se establezca de acuerdo con lo indicado en la Disposición Adicional Primera.

Por su parte la Disposición Adicional Primera “*Establecimiento de líneas divisorias en desembocaduras de ríos*” Afirma lo siguiente: “Conforme a lo establecido en el artículo 2.1 de la presente ley la Consejería de Agricultura y Pesca propondrá el establecimiento mediante Decreto, de forma general o particularmente para la desembocadura de los ríos, las líneas divisorias a efectos de aplicación de la presente Ley.

A continuación se expone un resumen de los artículos de la ley, que guardan mayor relación con los aspectos a desarrollar en el presente Plan:

“Artículo 6. Medidas de conservación.

La Consejería de Agricultura y Pesca establecerá las medidas de conservación de los recursos que afecten de modo directo a las especies marinas que puedan ser objeto de extracción. Se consideran incluidas en estas medidas las siguientes:

1. La fijación de tallas mínimas de las especies de interés pesquero.
2. El establecimiento de épocas de vedas, fijas o estacionales, y en especial para las especies pesqueras de interés comercial.

3. La prohibición de captura o tenencia de determinadas especies pesqueras sensibles o amenazadas.
4. El establecimiento de una tara máxima de explotación o cupo de captura máxima permitida por especies, zonas, caladeros o períodos.

Artículo 7. Medidas de protección y recuperación.

1. La Consejería de Agricultura y Pesca establecerá medidas de protección, siendo éstas las que afectan de modo directo al medio en el que se desarrollan los recursos pesqueros. Se consideran incluidas en estas medidas, entre otras, las siguientes:

- a. El establecimiento, definición y regulación de zonas o de fondos vedados a la actividad pesquera, con carácter temporal o permanente, o reservados de forma preferente o exclusiva, a modalidades de pesca selectivas.
- b. La declaración y regulación de zonas marítimas protegidas.
- c. La instalación de arrecifes artificiales de protección.

2. Así mismo, establecerá medidas de recuperación dirigidas a la regeneración, desarrollo y fomento de los recursos pesqueros. Se consideran incluidas en estas medidas las siguientes:

- a. Las acciones de repoblación con siembras controladas de especies que sean de interés pesquero.
- b. La adecuación de los caladeros y el acondicionamiento del medio.
- c. La instalación de arrecifes artificiales de producción orientados a favorecer la reproducción y propagación de las especies en su entorno.
- d. El establecimiento de planes de pesca que conlleven descansos de la actividad pesquera o de determinadas modalidades de pesca, cuando sirvan para la recuperación de determinadas especies.
- e. El uso de determinadas artes y prácticas de pesca selectivas que disminuyan los descartes de las especies pesqueras.

Artículo 13. Planes específicos de pesca.

1. La Consejería de Agricultura y Pesca podrá establecer, dentro de aguas interiores, planes específicos de pesca por modalidades o zonas en los que se determinará el

esfuerzo pesquero deseable en función de la situación de los recursos, teniendo en cuenta las condiciones socioeconómicas del sector, y el mantenimiento y desarrollo de la actividad a largo plazo.

2. Los planes específicos de pesca podrán contener las siguientes determinaciones:

- a. Limitar el número de embarcaciones, de pescadores o de mariscadores que pueden pescar en una determinada zona.
- b. Determinar el tipo de embarcación, atendiendo al tonelaje y potencia motriz, que se considere conveniente para cada modalidad pesquera.
- c. Establecer los horarios y días permitidos para el ejercicio de la actividad pesquera en las diferentes modalidades y los días de obligado descanso de la actividad. Cuando se utilicen artes fijos se podrá determinar el tiempo de calamento continuado permitido.
- d. Limitar el número y dimensiones de los artes, aparejos y utensilios de pesca en función de la zona de utilización y de la modalidad de pesca.
- e. Fijar las medidas de conservación, protección y recuperación de los recursos pesqueros.

#### Artículo 17. De las licencias de pesca y marisqueo.

1. Para el ejercicio de la actividad pesquera en aguas interiores en cualquier modalidad de las previstas en [...] la presente Ley, será necesario disponer de una licencia específica expedida por la Consejería de Agricultura y Pesca.

2. Para el ejercicio de la actividad marisquera en cualquier modalidad, a pie o desde embarcación, será necesario disponer de una licencia específica expedida por la Consejería de Agricultura y Pesca.”

4. Orden De 16 de junio de 2004, por la que se declara una Reserva de Pesca en la desembocadura del río Guadalquivir:

Mediante esta Orden se declara como reserva de pesca la desembocadura del río Guadalquivir, delimitándose la zona geográficamente, así como las restricciones

o prohibiciones al ejercicio de la actividad pesquera., con objeto de regular la actividad de la pesca en el Golfo de Cádiz, de manera que se exploten de manera racional los recursos, asegurando la protección y regeneración de los recursos naturales de interés pesquero presentes en la zona.

La reserva posee una extensión de 202 km<sup>2</sup> y comprende parte del río Guadalquivir, su desembocadura y una zona frente al Parque Nacional de Doñana. Dentro de ella se distinguen tres áreas con distintos niveles de protección específica:

- Zona A: Localizada completamente en el cauce principal del río Guadalquivir, está formada por el área comprendida entre ambas orillas del cauce, cuyo límite superior es el Caño de Martín Ruiz y el inferior Bajo de Guía.
- Zona B: Formada por el polígono limitado por la línea de costa, la línea que pasa por los vértices 3 y 4 y la línea que pasa por los vértices 5 (situado en el faro de Chipiona), 6, 7 y 8 (situado en Torre Zalabar).
- Zona C: Situada al norte de la anterior, con forma triangular y limitada por la línea de costa y la línea que pasa por los vértices 8 (Torre Zalabar), 7 y 9.

En la zona A de la reserva de pesca, se prohíbe toda actividad pesquera en cualquiera de sus formas a excepción del marisqueo a pie en su zona intermareal. En las zonas B y C de la reserva de pesca, se permite el ejercicio de la pesca con ciertas limitaciones en cuanto a las artes, especies y épocas.

## 5. Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la flora y la fauna silvestres.

A continuación se expone un resumen de los artículos de la ley, que guardan mayor relación con los aspectos a desarrollar en el presente Plan estratégico:

### “Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación.

1. Es objeto de la presente Ley la ordenación de la protección, conservación y recuperación de la flora y la fauna silvestres y sus hábitat, así como la regulación y fomento de la caza y la pesca para la consecución de fines de carácter social, económico, científico, cultural y deportivo.

### Artículo 31. Autorización administrativa.

1. Toda actividad de aprovechamiento de las especies silvestres a que se refiere el artículo anterior requerirá autorización administrativa de la Consejería competente en materia de medio ambiente y, en su caso, la redacción de un plan técnico en los términos que reglamentariamente se establezcan.

#### Artículo 33. Sostenibilidad de los recursos.

1. Cuando se compruebe que la ejecución de un determinado aprovechamiento autorizado afecta negativamente a la renovación o sostenibilidad de los recursos, la Consejería competente en materia de medio ambiente, de oficio o a instancia de parte, y previa audiencia a sus titulares, podrá suspender total o parcialmente su vigencia.

#### Artículo 35. Régimen general.

2. Las actividades de caza y de pesca definidas en el artículo 2 de la presente Ley sólo se podrán practicar:

- a) Sobre las especies que se relacionan en el Anexo III, siempre que se superen las longitudes y no se excedan los cupos establecidos.
- b) En terrenos o aguas en que dichos aprovechamientos se hallen autorizados conforme a la presente Ley.
- c) Durante los períodos declarados hábiles por la Consejería competente en materia de medio ambiente la cual velará para que los mismos no se solapen con los periodos de celo, reproducción y crianza de las especies de aves, ni con los periodos de migración prenupcial en el caso de aves migratorias, quedando expresamente prohibida la caza de avifauna en tales períodos.
- d) Por quien acredite la aptitud y el conocimiento adecuados en los términos reglamentariamente establecidos y obtenga licencia administrativa expedida por la Consejería competente en materia de medio ambiente, siempre que no se encuentre inhabilitado por resolución administrativa o sentencia judicial firme.

#### Artículo 57. Cursos y masas de agua continental.

1. La actividad de pesca continental podrá practicarse en tramos de aguas acotadas al efecto o en las aguas libres que no se declaren refugios de pesca o reservas ecológicas, con arreglo a las prohibiciones y limitaciones previstas en la presente Ley y normas que la desarrollen.

#### Artículo 59. Refugios de pesca.

1. La Consejería competente en materia de medio ambiente podrá constituir refugios de pesca en cualquier curso o masa de agua por razones justificadas de carácter biológico o ecológico en interés de la conservación de ciertas especies o razones de incompatibilidad con otros usos públicos.
2. En los refugios de pesca queda prohibida la pesca con carácter permanente. La Consejería podrá autorizar excepcionalmente la captura o reducción selectiva de poblaciones cuando existan razones justificadas de orden biológico o ecológico.

#### Artículo 62. Embarcaciones.

Sólo podrán utilizarse para la pesca continental embarcaciones y artefactos flotantes inscritos y matriculados para este fin y que cumplan las condiciones fijadas por las normas que desarrollen la presente Ley.”

6. Orden de 18 de enero de 2006, por la que se fijan y regulan las vedas y períodos hábiles de pesca continental en la Comunidad Autónoma de Andalucía:

Esta orden regula en su Disposición Adicional Única la pesca en el Bajo Guadalquivir:

“Las grandes masas de agua, embalses y estuarios de los grandes ríos tienen una gran capacidad biogénica y, por ello, se puede obtener una mayor productividad y, en función de lo dicho, sin detrimento de la conservación de las especies, se efectúan las siguientes excepciones a períodos hábiles y a las artes y procedimientos de pesca:

3. En el Estuario del Guadalquivir y sus marismas, aguas abajo de la presa de Alcalá del Río hasta el Caño del Yeso, por sus características especiales donde se mezcla el agua dulce del río con la salada del mar, existe un paso obligado de las especies migradoras, anguila, lubina, baila, albures, y otras.

Para asegurar la conservación de las especies y mantener el particular ecosistema que constituyen los estuarios, se restringen las artes de pesca a las siguientes: Cedazo, cuchara de mano, cuchara de proa o coriana, cuchara o bandas laterales, nasa holandesa y cangrejera, trasmallo, persiana y tarraya, cuya descripción por especies se especifica en el Anexo VII.

Para la utilización de estas artes deberán ser inscritas en la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente correspondiente, todo ello sin perjuicio de los demás requisitos que, con arreglo a la normativa vigente, sean exigibles.

Según el Anexo VII de esta orden, las artes autorizadas por especies en el estuario del Guadalquivir y sus marismas son las siguientes:

“Angula y camarón: La luz mínima de todas las redes y en todos los casos será de 1 mm de lado de cuadro para la angula y de 6 mm para el camarón.

1. Cedazo: Construido por una red montada sobre un armazón rígido rectangular provisto de un mango para su uso manual. Las dimensiones máximas del rectángulo son de 2 x 0,80 m.
2. Cuchara de mano: Construida sobre dos varas cruzadas de 1,80 m de longitud y apertura máxima de 1 m.
3. Cuchara de popa o coriana: Construida sobre dos varas cruzadas de hasta 14 m de longitud y apertura máxima de 10 m.
4. Cucharas o bandas laterales: Es el arte empleado por el denominado barco coriano o cucharero. El arte de red de forma rectangular va montado sobre un armazón rígido dispuesto a babor y a estribor de la embarcación, que se iza verticalmente en todo su conjunto. Estas bandas laterales nunca podrán superar los 7 m de largo por 5 m de ancho (35 m<sup>2</sup> por panel o banda).
5. Persiana: Este arte se utiliza como la cuchara, desde el barco coriano. La red que forma el copo se fija a dos varas horizontales que se desplazan verticalmente formando la boca del arte, de forma que la vara superior se coloca a ras de agua y la inferior regula la apertura de boca. La longitud de las varas no podrá ser superior a 20 m y la apertura de boca será inferior a 2 m.

Se prohíbe todo tipo de arte diferente a las descritas y, expresamente, las nasas libres en el fondo del cauce principal y las situadas en la orilla, así como cualquier otro tipo de arte fija como las bateas o bidonadas.

Anguila y cangrejo rojo:

1. Nasa holandesa: Construida con red sobre 5 aros de madera o hierro plastificado con diámetros de luz 55, 50, 45, 40 y 35 cm aproximadamente y 3



muertes. La luz de la red es de 12 mm de lado de cuadro para la primera muerte, 8 mm para la segunda y 6 mm para la tercera o copo.

2. Nasa cangrejera: Semejante a la anterior, con la diferencia de que tienen una muerte menos y la luz de malla es de 15 mm en la primera muerte y 8 mm en el copo o cola.

Las nasas, en todos los casos, irán provistas de un dispositivo situado antes de la primera muerte que impida la existencia de huecos mayores de 4 cm dispuestos hacia el exterior y su instalación en los Espacios Protegidos requerirá la autorización de la Delegación Provincial correspondiente de la Consejería de Medio Ambiente, quien fijará los posibles lugares para instalación de nasas, el horario de pesca y el tiempo máximo para la revisión o levantado de las nasas.

#### Lubina, baila, barbo, carpa y mágiles:

1. Trasmallo: Construido por una red rectangular con dimensiones máximas de 30 m de longitud por 3 m de anchura y luz de malla igual o superior a 35 mm de lado de cuadro.

2. Cuchara de popa o coriana: Con red de cuadro de 35 mm de lado.

3. Cucharas o bandas laterales: Con red de cuadro de 35 mm de lado.

4. Persiana: Con red de cuadro de 35 mm de lado.

5. Tarraya: Construida por una red triangular formando un cono de diámetro máximo de 3 m y de 1,50 a 2,00 m de generatriz, con luz de malla igual o superior a 35 mm.”

Por otro lado el ANEXO IV de la orden establece los Refugios de Pesca, en los que está prohibida la pesca. Entre estos destacan los siguientes por estar situados en el ámbito de estudio del presente Plan:

- Todas las zonas de Entremuros del Guadiamar.
- El tramo del Brazo de la Torre comprendido entre la Vuelta de la Arena, en el muro izquierdo de Entremuros del Guadiamar, hasta su desembocadura.

7. Real Decreto 1027/1989 de 28 de julio sobre abanderamiento, matriculación de buques y registro marítimo:

A continuación se expone un resumen de los artículos de la ley, que guardan mayor relación con los aspectos a desarrollar en el presente Plan estratégico:

“Artículo 1.

La presente disposición se aplica a todos los buques, embarcaciones y artefactos navales, cualquiera que sea su procedencia, tonelaje o actividad.

Artículo 2.

Para estar amparados por la legislación española, acogidos a los derechos que esta concede y arbolar la bandera española, los buques, embarcaciones y artefactos navales deberán estar matriculados en uno de los registros de matrícula de buques de las Jefaturas Provinciales de Marina Mercante.

Artículo 4.

1. El registro de matrícula se llevará en varios libros foliados denominados *listas* en los que se registrarán los buques, embarcaciones y artefactos navales atendiendo a su procedencia y actividad, según se expresa:

- c. En la lista tercera, se registrarán los buques de construcción nacional o importados con arreglo a la legislación vigente destinados a la captura y extracción con fines comerciales de pescado y de otros recursos marinos vivos.

En la lista séptima, se registrarán las embarcaciones de construcción nacional o debidamente importadas, de cualquier tipo y cuyo uso exclusivo sea la práctica del deporte sin propósito lucrativo o la pesca no profesional.”

*Reglamento (CE) N° 110/2007 del Consejo de 18 de septiembre de 2007 por el que se establecen medidas para la recuperación de la población de anguila europea y Documento-Guía para la redacción del Plan de Gestión para la anguila:*

Ante la delicada situación que atraviesa la población de anguila, en todo el ámbito de la Unión Europea, el Consejo Europeo adoptó el mencionado reglamento con el objetivo de establecer el marco necesario para la protección y la explotación sostenible de la población de anguila europea de la especie *Anguilla anguilla* en aguas comunitarias, en las lagunas costeras, en los estuarios, y en los ríos y aguas interiores que comunican con ríos de los Estados miembros

Dada la diversidad de situaciones que se dan en la U.E. y la necesidad de ajustar la regulación de la anguila al nivel más próximo posible a sus lugares de explotación, debe darse prioridad a la actuación de los estados miembros a través de Planes de Gestión adaptados a las características regionales y locales.

El reglamento establece que los Estados Miembros determinarán y delimitarán las distintas cuencas fluviales existentes en su territorio nacional que constituyen hábitats naturales de la anguila europea (“cuencas fluviales de la anguila”) y elaborarán un Plan de gestión de la Anguila para cada una de las cuencas fluviales de la anguila delimitadas que deberán presentarse antes del 31 de diciembre de 2008.

Los planes de gestión tendrán como objetivo reducir la mortalidad antropogénica fin de permitir, con una elevada probabilidad, la fuga hacia el mar de al menos el 40 % de la biomasa de anguilas europeas.

En caso de que un Estado miembro permita la pesca de anguilas de menos de 12 cm de longitud, reservará al menos el 60 % de las capturas de anguilas de menos de 12 cm de longitud para ser usadas en la repoblación en cuencas fluviales de la anguila para aumentar así los niveles de fuga de las anguilas europeas adultas.

Cuando un Estado miembro capture anguilas en aguas comunitarias, el Estado miembro reducirá el esfuerzo pesquero en al menos un 50 % respecto del esfuerzo medio desplegado de 2004 a 2006, o reducirá el esfuerzo pesquero a fin de garantizar una reducción de las capturas de anguilas. Dicha reducción se logrará gradualmente, inicialmente con reducciones del 15 % anual durante los primeros dos años de un período de cinco años, a partir del 1 de julio de 2009.

Por su importancia, al final de esta recopilación se presenta el documento completo.

*La orden de 18 de febrero de 2008, por la que se modifica la de 21 de diciembre de 2006 por la que se fijan y regulan las vedas y períodos hábiles de pesca continental en la Comunidad Autónoma de Andalucía (BOJA nº 47 de 7 de marzo de 2008) no incluye a la anguila dentro del listado de especies pescables por lo que queda prohibida su pesca en todo el territorio andaluz, quedando limitada su captura al Estuario del Guadalquivir y sus Marismas aguas debajo de la presa de Alcalá del Río hasta el Caño del Yeso de acuerdo al Artículo 10 y Anexo VII de la orden de 21 de diciembre de 2006, por la que se fijan y regulan las Vedas y Períodos Hábiles de Pesca*

*Continental en la Comunidad Autónoma de Andalucía* (Boja N° 10 de 15 de enero de 2007).

*Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres* (CITES) de obligado cumplimiento por adhesión del Estado Español el 16 de mayo de 1986 (BOE n. 181 de 30/7/1986) en la nueva edición de los apéndices I, II y III (en vigor a partir del 1 de julio de 2008), incluye a la anguila en su Apéndice II. No obstante, para esta especie se ha desarrollado una moratoria hasta el 13 de marzo de 2009.

La reglamentación del comercio en especímenes de especies incluidas en el Apéndice II dice lo siguiente:

- 1. La exportación de cualquier espécimen de una especie incluida en el Apéndice II requerirá la previa concesión y presentación de un permiso de exportación, el cual únicamente se concederá una vez satisfechos los siguientes requisitos:*
  - a) que una Autoridad Científica del Estado de exportación haya manifestado que esa exportación no perjudicará la supervivencia de esa especie;*
  - b) que una Autoridad Administrativa del Estado de exportación haya verificado que el espécimen no fue obtenido en contravención de la legislación vigente en dicho Estado sobre la protección de su fauna y flora; y*
  - c) que una Autoridad Administrativa del Estado de exportación haya verificado que todo espécimen vivo será acondicionado y transportado de manera que se reduzca al mínimo el riesgo de heridas, deterioro en su salud o maltrato.*
- 2. Una Autoridad Científica de cada parte vigilará los permisos de exportación expedidos por ese Estado para especímenes de especies incluidas en el Apéndice II y las exportaciones efectuadas de dichos especímenes. Cuando una Autoridad Científica determine que la exportación de especímenes de cualquiera de esas especies debe limitarse a fin de conservarla, a través de su hábitat, en un nivel consistente con su papel en los ecosistemas donde se halla y en un nivel suficientemente superior a aquel en el cual esa especie sería susceptible de inclusión en el Apéndice I, la Autoridad Científica comunicará a la Autoridad*

*Administrativa competente las medidas apropiadas a tomarse, a fin de limitar la concesión de permisos de exportación para especímenes de dicha especie.*

*3. La importación de cualquier espécimen de una especie incluida en el Apéndice II requerirá la previa presentación de un permiso de exportación o de un certificado de reexportación.*

*4. La reexportación de cualquier espécimen de una especie incluida en el Apéndice II requerirá la previa concesión y presentación de un certificado de reexportación, el cual únicamente se concederá una vez satisfechos los siguientes requisitos:*

- a) que una Autoridad Administrativa del Estado de reexportación haya verificado que el espécimen fue importado en dicho Estado de conformidad con las disposiciones de la presente Convención; y*
- b) que una Autoridad Administrativa del Estado de reexportación haya verificado que todo espécimen vivo será acondicionado y transportado de manera que se reduzca al mínimo el riesgo de heridas, deterioro en su salud o maltrato.*

*5. La introducción procedente del mar de cualquier espécimen de una especie incluida en el Apéndice II requerirá la previa concesión de un certificado expedido por una Autoridad Administrativa del Estado de introducción. Únicamente se concederá un certificado una vez satisfechos los siguientes requisitos:*

- a) que una Autoridad Científica del Estado de introducción haya manifestado que la introducción no perjudicará la supervivencia de dicha especie; y*
- b) que una Autoridad Administrativa del Estado de introducción haya verificado que cualquier espécimen vivo será tratado de manera que se reduzca al mínimo el riesgo de heridas, deterioro en su salud o maltrato.*

*6. Los certificados a que se refiere el párrafo 6 del presente Artículo podrán concederse por períodos que no excedan de un año para cantidades totales de especímenes a ser capturados en tales períodos, con el previo asesoramiento de una Autoridad Científica que haya consultado con otras autoridades científicas nacionales o, cuando sea apropiado, autoridades científicas internacionales.*

*Reglamento (Ce) No 1100/2007 del Consejo de 18 de septiembre de 2007  
por el que se establecen medidas para la recuperación de la población de  
anguila europea.*

**REGLAMENTO (CE) Nº 1100/2007 DEL CONSEJO****de 18 de septiembre de 2007****por el que se establecen medidas para la recuperación de la población de anguila europea**

EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea y, en particular, su artículo 37,

Vista la propuesta de la Comisión,

Visto el dictamen del Parlamento Europeo <sup>(1)</sup>,

Considerando lo siguiente:

- (1) El 19 de julio de 2004 el Consejo adoptó una serie de conclusiones sobre la Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, de 1 de octubre de 2003, relativa a la elaboración de un plan de actuación comunitario para la gestión de las anguilas europeas, en las que, entre otras cosas, se solicita a la Comisión que presente propuestas relativas a la gestión a largo plazo de la anguila en Europa.
- (2) El 15 de noviembre de 2005 el Parlamento Europeo adoptó una resolución en la que invitaba a la Comisión a presentarle inmediatamente una propuesta de Reglamento del Consejo por el que se establecen medidas para la recuperación de la población de anguila europea.
- (3) Según el último dictamen científico del Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM) sobre la anguila europea, la población está fuera de los límites biológicos de seguridad y la pesca no se ejerce actualmente de forma sostenible. El CIEM recomienda que se elabore un plan de recuperación para toda la población de anguila europea con carácter urgente y que la explotación y demás actividades humanas que inciden en la pesca o en las poblaciones se reduzcan lo máximo posible.
- (4) Existen condiciones y necesidades diversas en la Comunidad que requieren soluciones específicas. Esta diversidad debe tenerse en cuenta a la hora de planificar y ejecutar las medidas destinadas a garantizar la protección y la explotación sostenible de la población de anguila europea. Las decisiones deben adoptarse al nivel más próximo posible de los lugares de explotación de la an-

guila. Debe darse prioridad a la actuación de los Estados miembros a través de planes de gestión de la anguila que se ajusten a las circunstancias regionales y locales.

- (5) La Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres <sup>(2)</sup>, y la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas <sup>(3)</sup>, tienen, entre otros objetivos, el de proteger, conservar y mejorar el medio en el transcurso una parte del ciclo vital de la anguila; por otro lado, es preciso garantizar la coordinación y coherencia entre las medidas adoptadas en el marco del presente Reglamento y las adoptadas en virtud de las citadas Directivas. Concretamente, los planes de gestión de la anguila deben abarcar las cuencas fluviales delimitadas de acuerdo con la Directiva 2000/60/CE.
- (6) El éxito de las medidas de recuperación de la población de anguila europea depende de la estrecha colaboración y la actuación coherente a nivel de la Comunidad, del Estado miembro, y a nivel local y regional, así como de la información, consulta y participación de los sectores públicos interesados. Con este fin, el apoyo procedente del Fondo Europeo de Pesca puede contribuir a la aplicación efectiva de los planes de gestión de la anguila.
- (7) Si no se puede determinar ni delimitar que las cuencas fluviales existentes en el territorio nacional de un Estado miembro constituyen hábitats naturales de la anguila europea, deberá existir la posibilidad de que dicho Estado miembro quede exento de la obligación de elaborar un plan de gestión de la anguila.
- (8) A fin de garantizar que las medidas de recuperación de la anguila resulten eficaces y equitativas, es necesario que los Estados miembros determinen las medidas que se proponga adoptar y las zonas que vayan a abarcar, que esta información se difunda ampliamente y que se evalúe la eficacia de las medidas.
- (9) Los planes de gestión de la anguila deberán ser aprobados por la Comisión sobre la base de una evaluación técnica y científica del Comité científico, técnico y económico de la pesca (CCTEP).

<sup>(1)</sup> Dictamen emitido el 16 de mayo de 2006 (no publicado aún en el Diario Oficial).

<sup>(2)</sup> DO L 206 de 22.7.1992, p. 7. Directiva modificada en último lugar por la Directiva 2006/105/CE (DO L 363 de 20.12.2006, p. 368).

<sup>(3)</sup> DO L 327 de 22.12.2000, p. 1. Directiva modificada por la Decisión nº 2455/2001/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (DO L 331 de 15.12.2001, p. 1).

- (10) En aquellas cuencas fluviales en donde la pesca y demás actividades humanas que afectan a las anguilas puedan tener repercusiones transfronterizas, es preciso que todos los programas y las medidas se coordinen para todo el conjunto de la cuenca fluvial de que se trate. No obstante, la coordinación no deberá ir en menoscabo de una rápida introducción de las partes nacionales de los planes de gestión de la anguila. En el caso de las cuencas fluviales que se extiendan más allá de las fronteras de la Comunidad, esta deberá esforzarse por garantizar una coordinación adecuada con los terceros países de que se trate.
- (11) En el contexto de la coordinación transfronteriza, tanto dentro como fuera de la Comunidad, debería prestarse especial atención al Mar Báltico y a las aguas costeras europeas no incluidas en el ámbito de aplicación de la Directiva 2000/60/CE. No obstante, esta necesaria coordinación no deberá impedir que los Estados miembros adopten medidas urgentes.
- (12) Por consiguiente, deberían aplicarse medidas especiales como parte de un plan de gestión de la anguila para aumentar el número de anguilas de menos de 12 cm de longitud en aguas europeas, así como para la transferencia de anguilas de menos de 20 cm de longitud a los efectos de repoblación.
- (13) Antes del 31 de julio de 2013, se deberá reservar para repoblación el 60 % de las anguilas de menos de 12 cm de longitud capturadas anualmente. Se deberá verificar anualmente la evolución de los precios de mercado de la anguila de menos de 12 cm de longitud. En caso de disminución significativa del precio medio de mercado de la anguila de menos de 12 cm de longitud que se usa para repoblación en cuencas fluviales, según las hayan delimitado los Estados miembros, en relación con el precio de la anguila de menos de 12 cm de longitud que se usa para otros fines, la Comisión estará autorizada a adoptar las medidas adecuadas, entre otras, la reducción temporal del porcentaje de anguila de menos de 12 cm de longitud que debe reservarse para repoblación.
- (14) Las capturas de anguilas en aguas comunitarias situadas mar adentro respecto de las cuencas fluviales delimitadas por los Estados miembros como hábitats naturales de la anguila, se deberán reducir gradualmente, mediante la reducción del esfuerzo pesquero o las capturas, al menos un 50 % calculado a partir del esfuerzo pesquero medio o del promedio de capturas de los años 2004-2006.
- (15) Sobre la base de información que facilitarán los Estados miembros, la Comisión deberá elaborar un informe sobre el resultado de la aplicación de los planes de gestión de la anguila y, en caso necesario, propondrá cualquier medida adecuada para lograr con una elevada probabilidad la recuperación de la anguila europea.
- (16) Los Estados miembros deberán establecer un sistema de control y de seguimiento adaptado a las circunstancias y

al marco jurídico ya aplicable a la pesca en aguas interiores en consonancia con el Reglamento (CEE) n° 2847/93 del Consejo, de 12 de Octubre de 1993, por el que se establece un régimen de control aplicable a la política pesquera común <sup>(1)</sup>. A este respecto, los Estados miembros deberán establecer determinada información y estimaciones relativas a las actividades pesqueras comerciales y a la pesca recreativa para fundamentar, en caso necesario, los informes y la evaluación de planes de gestión de la anguila así como medidas de control y de observancia. Los Estados miembros deberán además adoptar medidas para garantizar el control y la observancia de las importaciones y exportaciones de anguilas.

HA ADOPTADO EL PRESENTE REGLAMENTO:

#### Artículo 1

##### Objeto

1. El presente Reglamento establece el marco necesario para la protección y la explotación sostenible de la población de anguila europea de la especie *Anguilla anguilla* en aguas comunitarias, en las lagunas costeras, en los estuarios, y en los ríos y aguas interiores que comunican con ríos de los Estados miembros que vierten sus aguas en las zonas CIEM III, IV, VI, VII, VIII y IX, o en el Mar Mediterráneo.

2. Por lo que respecta al Mar Negro y a los sistemas fluviales con él conectados, la Comisión tomará una decisión de conformidad con el procedimiento a que se hace referencia en el artículo 30, apartado 2, del Reglamento (CE) n° 2371/2002 del Consejo, de 20 de diciembre de 2002, sobre la conservación y la explotación sostenible de los recursos pesqueros en virtud de la política pesquera común <sup>(2)</sup>, previa consulta al Comité científico y técnico de la pesca a más tardar el 31 de diciembre de 2007, sobre si dichas aguas constituyen hábitats naturales de la anguila europea de conformidad con el artículo 3 del presente Reglamento.

3. Las medidas que se tomen en virtud del presente Reglamento se adoptarán y aplicarán sin perjuicio de las disposiciones pertinentes de las Directivas 92/43/CEE y 2000/60/CE.

#### Artículo 2

##### Elaboración de planes de gestión de la anguila

1. Los Estados miembros determinarán y delimitarán las distintas cuencas fluviales existentes en su territorio nacional que constituyen hábitats naturales de la anguila europea («cuencas fluviales de la anguila») que pueden incluir aguas marítimas. En caso de presentar una justificación adecuada, los Estados miembros podrán atribuir a la totalidad de su territorio nacional o una determinada unidad administrativa regional la condición de cuenca fluvial de la anguila.

<sup>(1)</sup> DO L 261 de 20.10.1993, p. 1 Reglamento modificado en último lugar por el Reglamento (CE) n° 1967/2006 (DO L 409 de 30.12.2006, p. 11). Versión corregida en el DO L 36 de 8.2.2007, p. 6.

<sup>(2)</sup> DO L 358 de 31.12.2002, p. 59.



2. Al delimitar las cuencas fluviales de la anguila, los Estados miembros tendrán debidamente en cuenta las disposiciones administrativas a que se refiere el artículo 3 de la Directiva 2000/60/CE.

3. Los Estados miembros elaborarán un plan de gestión de la anguila para cada una de las cuencas fluviales de la anguila delimitadas con arreglo a lo dispuesto en el apartado 1.

4. Cada plan de gestión de la anguila tendrá como objetivo reducir la mortalidad antropogénica a fin de permitir, con una elevada probabilidad, la fuga hacia el mar de al menos el 40 % de la biomasa de anguilas europeas correspondiente a la mejor estimación del posible índice de fuga que se habría registrado en caso de que ninguna influencia antropogénica hubiera incidido en la población. El plan de gestión de la anguila se preparará con el fin de conseguir este objetivo a largo plazo.

5. El objetivo del nivel de fuga se determinará, teniendo en cuenta los datos de que se disponga para cada una de las cuencas fluviales de la anguila, en una o más de las siguientes maneras:

- a) utilización de los datos recopilados en el período más adecuado antes de 1980, siempre que se disponga de ellos en cantidad y calidad suficientes;
- b) una evaluación basada en el hábitat de la producción potencial de anguila, en ausencia de factores de mortalidad antropogénica, o bien
- c) con referencia a la ecología e hidrografía de sistemas fluviales similares.

6. Cada plan de gestión de la anguila incluirá una descripción y un análisis de la situación actual de la población de anguila en la cuenca fluvial de la anguila de que se trate y la relacionará con el nivel de fuga establecido que se indica en el apartado 4.

7. Cada plan de gestión de la anguila incluirá medidas para alcanzar, controlar y verificar el objetivo establecido en el apartado 4. Los Estados miembros podrán determinar los medios con arreglo a las condiciones locales y regionales.

8. Los planes de gestión de la anguila podrán incluir, entre otras, las siguientes medidas:

— reducción de la actividad pesquera comercial,

— restricción de la pesca deportiva,

— medidas de repoblación,

— medidas estructurales para hacer los ríos transitables y mejorar los hábitats fluviales, junto con otras medidas ambientales,

— transporte de anguilas europeas desde aguas interiores a otras desde las que puedan escapar libremente al Mar de los Sargazos,

— lucha contra los depredadores,

— desconexión temporal de las turbinas de producción hidroeléctrica,

— medidas relativas a la acuicultura.

9. Los planes de gestión de la anguila contendrán un calendario para la consecución del objetivo del nivel de fuga establecido en el apartado 4 con arreglo a un enfoque gradual y supeditado al nivel previsto de abundancia de anguilas, con la inclusión de medidas que se aplicarán a partir del primer año de aplicación de los planes de gestión de la anguila.

10. En los planes de gestión de la anguila, los Estados miembros adoptarán medidas adecuadas lo antes posible para reducir la mortalidad de anguilas provocada por factores ajenos a la pesca, incluidas turbinas hidroeléctricas, bombas o depredadores, a no ser que no sea necesario alcanzar los objetivos de los planes.

11. Los planes de gestión de la anguila contendrán una descripción de las medidas de control y de observancia que se aplicarán en las aguas no comunitarias de acuerdo con el artículo 10.

12. Los planes de gestión de la anguila, constituirá un plan de gestión adoptado a nivel nacional en el marco de una medida comunitaria de conservación según se contempla en el artículo 24, apartado 1, inciso v), del Reglamento (CE) nº 1198/2006 del Consejo, de 27 de julio de 2006, relativo al Fondo Europeo de Pesca <sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> DO L 223 de 15.8.2006, p. 1.

### Artículo 3

#### Exención de la obligación de preparar un plan de gestión de la anguila

1. Un Estado miembro podrá estar exento de la obligación de preparar un plan de gestión de la anguila si se facilita la justificación adecuada de que las cuencas fluviales o las aguas marítimas dentro de su territorio no constituyen hábitats naturales de la anguila europea.
2. A más tardar el 1 de enero de 2008, los Estados miembros comunicarán a la Comisión sus solicitudes de exención elaboradas de conformidad con el apartado 1.
3. Sobre la base de la evaluación técnica y científica del Comité científico, técnico y económico de la pesca o de otro organismo científico pertinente, las solicitudes de exención serán aprobadas por la Comisión, de conformidad con el procedimiento contemplado en el artículo 30, apartado 2, del Reglamento (CE) n° 2371/2002.
4. Cuando la Comisión apruebe una solicitud de excepción, el artículo 4 no se aplicará al Estado miembro de que se trate.

### Artículo 4

#### Comunicación de los planes de gestión de la anguila

1. A más tardar el 31 de diciembre de 2008, los Estados miembros comunicarán a la Comisión los planes de gestión de la anguila elaborados de conformidad con el artículo 2.
2. Todo Estado miembro que no haya presentado un plan de gestión de la anguila a la Comisión para su aprobación a más tardar el 31 de diciembre de 2008, deberá o bien reducir al menos en un 50 % el esfuerzo pesquero en relación con el promedio del esfuerzo desplegado desde 2004 hasta 2006, o bien reducir el esfuerzo pesquero para garantizar la reducción de capturas de la anguila al menos en un 50 % en relación con el promedio de capturas desplegado desde 2004 hasta 2006, ya sea recortando la temporada de pesca de la anguila o mediante otros medios. Esta reducción será aplicable a partir del 1 de enero de 2009.
3. La reducción de capturas establecida en el apartado 2 podrá sustituirse en su totalidad o en parte mediante medidas inmediatas relativas a otros factores de mortalidad antropogénica, lo que permitirá un número de anguilas europeas migratorias equivalente al que la reducción de capturas permitiría llegar al mar para desovar.

### Artículo 5

#### Aprobación y ejecución de los planes de gestión de la anguila

1. Sobre la base de la evaluación técnica y científica del Comité científico, técnico y económico de la pesca o de otro

organismo científico pertinente, los planes de gestión de la anguila serán aprobados por la Comisión, de conformidad con el procedimiento contemplado en el artículo 30, apartado 2, del Reglamento (CE) n° 2371/2002.

2. Los Estados miembros aplicarán los planes de gestión de la anguila aprobados por la Comisión de conformidad con lo dispuesto en el apartado 1 a partir del 1 de julio de 2009, o lo antes posible con anterioridad a dicha fecha.

3. A partir del 1 de julio de 2009, o de la fecha de aplicación de un plan de gestión de la anguila en caso de que este se aplique con anterioridad a dicha fecha, quedará autorizado pescar anguilas de la especie *Anguilla anguilla* durante todo el año, siempre que dichas actividades pesqueras se ajusten a las especificaciones y restricciones establecidas en un plan de gestión de la anguila aprobado por la Comisión con arreglo a lo dispuesto en el apartado 1.

4. Todo Estado miembro que haya presentado un plan de gestión de la anguila a la Comisión para su aprobación a más tardar el 31 de diciembre de 2008, que no pueda ser aprobado por la Comisión con arreglo al apartado 1, deberá o bien reducir al menos en un 50 % el esfuerzo pesquero en relación con el promedio del esfuerzo desplegado desde 2004 hasta 2006, o bien reducir el esfuerzo pesquero para garantizar la reducción de capturas de la anguila al menos en un 50 % en relación con el promedio de capturas desplegado desde 2004 hasta 2006, ya sea recortando la temporada de pesca de la anguila o mediante otros medios. Esta reducción será aplicable en un plazo de tres meses a partir de la decisión de no aprobar el plan.

5. La reducción de capturas establecida en el apartado 4 podrá sustituirse en su totalidad o en parte mediante medidas inmediatas relativas a otros factores de mortalidad antropogénica, lo que permitirá un número de anguilas europeas migratorias equivalente al que la reducción de capturas permitiría llegar al mar para desovar.

6. Cuando la Comisión no pueda aprobar un plan de gestión de la anguila, el Estado miembro afectado podrá presentar un plan revisado dentro de los tres meses siguientes a la decisión de no aprobación del plan.

El plan de gestión de la anguila revisado se aprobará con arreglo al procedimiento establecido en el apartado 1. La aplicación de la reducción de capturas establecida en el apartado 4 no se aplicará a no ser que la Comisión no apruebe un plan revisado.

### Artículo 6

#### Planes transfronterizos de gestión de la anguila

1. En el caso de las cuencas fluviales de la anguila que discurren por el territorio de varios Estados miembros, los Estados miembros interesados elaborarán conjuntamente un plan de gestión de la anguila.

En caso de que la coordinación mencionada diera lugar a un retraso tal que impidiese presentar a tiempo el plan de gestión de la anguila, los Estados miembros podrán presentar planes de gestión de la anguila por lo que atañe a su parte nacional respectiva de la cuenca fluvial de que se trate.

2. En el caso de las cuencas fluviales de la anguila que se extienden más allá del territorio de la Comunidad, los Estados miembros interesados intentarán por todos los medios desarrollar un plan de gestión de la anguila en coordinación con los terceros países de que se trate, y se respetarán las competencias de las organizaciones regionales de pesca correspondientes, en su caso. Si los terceros países de que se trate no participaran en la preparación conjunta del plan de gestión de la anguila, el Estado miembro de que se trate podrá presentar planes de gestión de la anguila referentes a la parte de la cuenca fluvial de la anguila situada en su territorio, con el fin de lograr el nivel de fuga establecido que se indica en el artículo 2, apartado 4.

3. Los artículos 2, 4 y 5 se aplicarán *mutatis mutandis* a los planes transfronterizos a que se refieren los apartados 1 y 2 del presente artículo.

#### Artículo 7

##### Medidas relativas a la repoblación

1. En caso de que un Estado miembro permita la pesca de anguilas de menos de 12 cm de longitud, bien como parte de un plan de gestión de la anguila establecido con arreglo al artículo 2, bien como parte de una reducción del esfuerzo pesquero con arreglo al artículo 4, apartado 2, o al artículo 5, apartado 4, reservará al menos el 60 % de las capturas de anguilas de menos de 12 cm de longitud realizadas merced a las actividades pesqueras de dicho Estado miembro a lo largo de cada año para que se comercialicen para ser usadas en la repoblación en cuencas fluviales de la anguila tal y como las definen los Estados miembros con arreglo al artículo 2, apartado 1, para aumentar así los niveles de fuga de las anguilas europeas adultas.

2. El 60 % para la repoblación se fijará en un plan de gestión de la anguila establecido conforme al artículo 2. Comenzará en el 35 % como mínimo en el primer año de aplicación del plan de gestión e irá aumentando gradualmente a razón del 5 % anual. El nivel del 60 % deberá haberse alcanzado el 31 de julio de 2013.

3. Para garantizar que los respectivos porcentajes, establecidos en el apartado 2, de capturas de anguilas de menos de 12 cm de longitud se destine a un programa de repoblación, los Estados miembros deberán establecer un sistema de notificación adecuado.

4. La transferencia de anguilas para repoblación deberá formar parte de un plan de gestión de la anguila conforme a su definición en el artículo 2. Los planes de gestión de la anguila deberán especificar la cantidad de anguilas de menos de 20 cm de longitud necesarias para la repoblación, a los efectos de incrementar los niveles de fuga de la anguila.

5. La Comisión informará anualmente al Consejo sobre la evolución en los precios de mercado de la anguila de menos de 12 cm de longitud. A tal fin, los Estados miembros afectados establecerán un sistema adecuado de verificación de esos precios y los notificarán anualmente a la Comisión.

6. En caso de disminución significativa del precio medio de mercado de las anguilas que se usan para repoblación en relación con las que se usan para otros fines, el Estado miembro afectado informará a la Comisión. Esta, de conformidad con el procedimiento contemplado en el artículo 30, apartado 2, del Reglamento (CE) n° 2371/2002, adoptará las medidas adecuadas para afrontar la situación, entre las cuales podrá incluirse la reducción temporal de los porcentajes a que se refiere el apartado 2.

7. A más tardar el 1 de julio de 2011, la Comisión presentará un informe al Consejo y evaluará las medidas relativas a la repoblación, incluida la evolución de los precios de mercado. Habida cuenta de dicha evaluación, el Consejo decidirá por mayoría cualificada y a propuesta de la Comisión, acerca de las medidas adecuadas para equilibrar las medidas referentes a la repoblación al tiempo que se alcanza los porcentajes a que se refiere el apartado 2.

8. La repoblación se considerará una medida de conservación a efectos de lo estipulado en el artículo 38, apartado 2, del Reglamento (CE) n° 1198/2006, siempre que:

- forme parte de un plan de gestión de la anguila establecido con arreglo al artículo 2,
- afecte a la anguilas de menos de 20 cm de longitud, y
- contribuya a la consecución del 40 % del objetivo del nivel de fuga tal y como se contempla en el artículo 2, apartado 4.

#### Artículo 8

##### Medidas relativas a las aguas comunitarias

1. Cuando un Estado miembro capture anguilas en aguas comunitarias, el Estado miembro reducirá el esfuerzo pesquero en al menos un 50 % respecto del esfuerzo medio desplegado de 2004 a 2006, o reducirá el esfuerzo pesquero a fin de garantizar una reducción de las capturas de anguilas de al menos un 50 % en relación con el promedio de capturas desplegado de 2004 a 2006. Dicha reducción se logrará gradualmente, inicialmente con reducciones del 15 % anual durante los primeros dos años de un período de cinco años, a partir del 1 de julio de 2009.

2. A efectos de lo dispuesto en el apartado 1, se considerarán aguas comunitarias las aguas situadas mar adentro respecto del límite de las cuencas fluviales de la anguila que constituyen hábitats naturales de la anguila, según las hayan delimitado los Estados miembros de conformidad con el artículo 2, apartado 1.

### Artículo 9

#### Informes y evaluación

1. Los Estados miembros informarán a la Comisión, inicialmente, cada tres años, y el primer informe se presentará a más tardar el 30 de junio de 2012. Una vez que se hayan presentado los tres primeros informes trienales, la frecuencia se reducirá a uno cada seis años. Los informes indicarán el tipo de control realizado, su eficacia y resultados, y proporcionarán, en particular, las mejores estimaciones de que se disponga respecto a:

- a) para cada Estado miembro, la proporción de la biomasa de anguilas plateadas que llega al mar para desovar, o la proporción de biomasa de anguilas plateadas que abandona el territorio de dicho Estado miembro como parte de una migración mar adentro para desovar, relativa al objetivo de nivel de fuga establecido en el artículo 2, apartado 4;
- b) el nivel de esfuerzo pesquero dedicado anualmente a la captura de anguilas y la reducción efectuada con arreglo a lo dispuesto en los artículos 4, apartado 2 y 5, apartado 4;
- c) el nivel de los factores de mortalidad ajenos a la actividad pesquera propiamente dicha, y la reducción efectuada con arreglo a lo dispuesto en el artículo 2, apartado 10;
- d) la cantidad de anguilas de menos de 12 cm de longitud capturadas y las proporciones de estas utilizadas para diferentes fines.

2. A más tardar el 31 de diciembre de 2013, la Comisión presentará al Parlamento Europeo y al Consejo una evaluación estadística y científica sobre los resultados de la aplicación de los planes de gestión de la anguila, junto con el dictamen del Comité científico, técnico y económico de la pesca.

3. Teniendo en cuenta el informe mencionado en el apartado 2, la Comisión propondrá cualquier medida adecuada para lograr con una elevada probabilidad la recuperación de la población de anguila europea y el Consejo decidirá por mayoría cualificada medidas alternativas para lograr el objetivo de nivel de fuga establecido en el artículo 2, apartado 4, o la reducción del esfuerzo pesquero desplegado con arreglo al artículo 4, apartado 2 y al artículo 5, apartado 4.

### Artículo 10

#### Control y observancia en aguas que no sean aguas comunitarias

1. Los Estados miembros establecerán un sistema de control y de seguimiento de capturas adaptado a las circunstancias y al marco jurídico ya aplicable a la pesca en sus aguas interiores, que se ajustará a las disposiciones pertinentes establecidas en el Reglamento (CEE) n° 2847/93.

2. El sistema de control y de seguimiento de capturas contendrá una descripción detallada de todos los sistemas de asignación de derechos pesqueros en cuencas fluviales de la anguila que constituyen hábitats naturales de la anguila según las hayan delimitado los Estados miembros de conformidad con el artículo 2, apartado 1, con inclusión de las aguas privadas.

### Artículo 11

#### Información relativa a actividades pesqueras

1. A más tardar el 1 de enero de 2009, los Estados miembros establecerán la siguiente información relativa a las actividades pesqueras comerciales:

- una lista de todos los buques pesqueros que enarbolan su pabellón autorizados a pescar anguilas en aguas comunitarias con arreglo al artículo 8, sin perjuicio de la eslora total del buque,
- una lista de todos los buques pesqueros, entidades comerciales o pescadores, autorizados a pescar anguilas en cuencas fluviales de la anguila que constituyen hábitats naturales de la anguila según las hayan delimitado los Estados miembros de conformidad con el artículo 2, apartado 1,
- una lista de todos las lonjas u otros organismos o personas autorizados por los Estados miembros a llevar a cabo la primera fase de comercialización de la anguila.

2. Los Estados miembros establecerán periódicamente una estimación del número de pescadores deportivos y de sus capturas de anguilas.

3. A petición de la Comisión, los Estados miembros proporcionarán la información mencionada en los apartados 1 y 2.

### Artículo 12

#### Control y observancia respecto a las importaciones y exportaciones de anguilas

A más tardar el 1 de julio de 2009, los Estados miembros:

- adoptarán las medidas necesarias para identificar el origen y garantizar la trazabilidad de todas las anguilas vivas importadas en su territorio o exportadas desde él,
- determinarán si las anguilas recogidas en el área comunitaria y exportadas desde su territorio se capturaron de una manera que se ajusta a las medidas de conservación comunitarias,
- adoptarán medidas para determinar si las anguilas recogidas en las aguas de cualquier organización pesquera regional pertinente e importadas en su territorio se capturaron en una manera que se ajusta a las normas acordadas en la organización pesquera regional de que se trate.

*Artículo 13***Entrada en vigor**

El presente Reglamento entrará en vigor a los tres días de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea*.

El presente Reglamento será obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro.

Hecho en Bruselas, el 18 de septiembre de 2007.

*Por el Consejo*

*El Presidente*

R. PEREIRA

---

## **Apéndice II.**

Artes de pesca comúnmente utilizados en la captura de angulas y anguilas  
en el Bajo Guadalquivir.

La pesca de la especie en el Guadalquivir se desarrolla fundamentalmente sobre la angula y la anguila amarilla. A continuación se describen exclusivamente los artes más utilizados para la captura de estas dos fases de desarrollo. Más información en Agudo-Torrico (1991).

## **Angula.**

**1.- Cedazo.** Armazón rectangular de madera de tamaño máximo permitido de 2,0 x 0,8 m. A esta estructura se sujeta una red de 1 mm luz de malla. La red forma una especie de bolsa y fija a todos los laterales excepto una parte en la zona inferior que sirve para deslizar las angulas capturadas a un recipiente. El arte lo completa una varilla perpendicular al armazón con un cordel en el extremo opuesto (Figura 1).

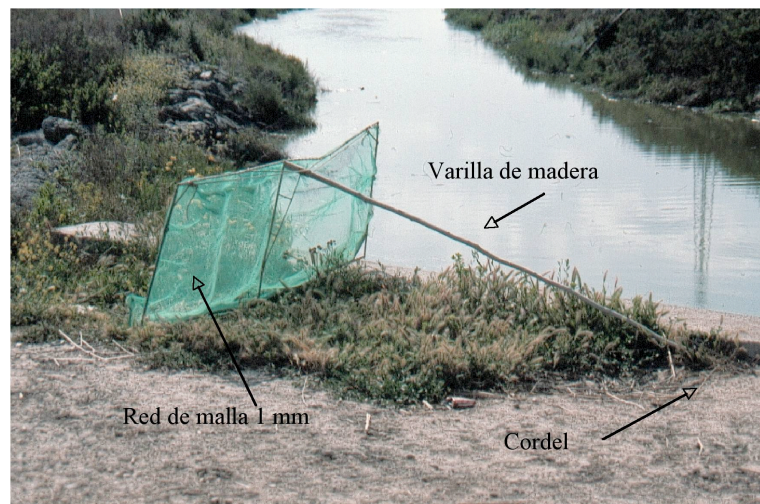


Figura 1.- Cedazo.

El arte es manejado por una sola persona desde tierra. El cedazo se lanza desde la orilla y se deja que fondee, después se arrastra tirando de la cuerda atada a la varilla, y se recogen las angulas que han quedado atrapadas en la bolsa que forma la red (Figura 2). Aunque es un arte muy efectivo, hoy en día está prácticamente en desuso.



Figura 2.- Uso del Cedazo.

**2.-Nasas gigantes.** Arte de grandes dimensiones con forma de nasa, cuya boca de entrada podía superar los 15 m de diámetro. El arte se prohibió con la entrada en vigor de la ley de pesca 2004 (Figura 3). Sin embargo aún pueden encontrarse algunas fondeadas en el cauce principal y en las bocas de los canales mareales de la marisma.

Se instalaban con la ayuda de una pequeña embarcación, que anclaban los laterales de la red perpendicularmente a la corriente. Los flotadores del borde de la boca de entrada hacían que ésta se mantuviera abierta. La parte final de la nasa se lastraba y fijaba con una boya. Una vez realizada la pesca, se levantaba y se extraía por la cola la



captura. Este arte se mantenía fijo todo el año aunque no estuvieran pescando con el objeto de guardar la postura de pesca (Figura 3).



Figura 3.- Nasas gigantes caladas en el Río Guadalquivir.

**3. Cuchara de popa o coriana.** Embarcación típica de Coria del Río, hoy en día prácticamente en desuso. La estructura se construye sobre dos varas cruzadas de hasta 14 m de longitud y con una apertura máxima de 10 m, la red, de 1 mm de luz de malla, se sitúa como en la cuchara de mano entre las dos varas y formando un poco de bolsa (Figura 4).

Se fondea la embarcación en el río de manera que la popa quede a contramarea y se mete la red bajo el agua levantando para ello la coz de la vara, se deja dentro un tiempo apropiado y cuando se supone que han entrado las angulas se saca del agua con ayuda de unas poleas y posteriormente se recoge la pesca. Su empleo es muy escaso.



Figura 4.- Cuchara

**4. Cucharas o bandas laterales.** Este arte desplazó a la cuchara angular y a su vez fue posteriormente sustituido por el arte de persiana. Hoy en día quedan algunos más bien dedicados a la pesca del camarón. El arte de red, de 1 mm de luz de malla, va montado sobre un armazón rectangular rígido dispuesto a babor y a estribor de la embarcación, que se iza verticalmente en todo su conjunto.

Se fondea la embarcación de manera que la popa queda a contramarea y se cala el arte, que consiste en bascular el soporte rectangular de la red sobre los brazos de la popa, hasta quedar en posición casi vertical, recibiendo de lleno la corriente y con ello retener en el seno que forma la red las angulas que arrastre (Figura 5).



Figura 5.- Barco de bandas laterales.



**5. Persiana.** La red que forma el copo va fijada a dos varas horizontales perpendiculares al eje del barco en popa. Las varas suelen ser de grandes dimensiones, pero por lo general inferiores a 15 m y la red utilizada, como en todos los artes de pesca de angulas, es de 1 mm de luz de malla. El barco, por lo general a motor, es anclado a proa y popa. Las varas se bajan de modo que la superior queda a ras del agua y la inferior baja hasta abrir la boca del copo. Las capturas se recogen con un bote que se desplaza hasta la punta del copo que se abre (Figura 6). Hoy en día es el arte que domina en todas las zonas de pesca del Bajo Guadalquivir (Figura 7).



Figura 6.- Barco tipo persiana y detalle de la red.



Figura 7.- Barcos con persiana fondeados para la pesca de la angula en el Guadalquivir.

### **Anguila.**

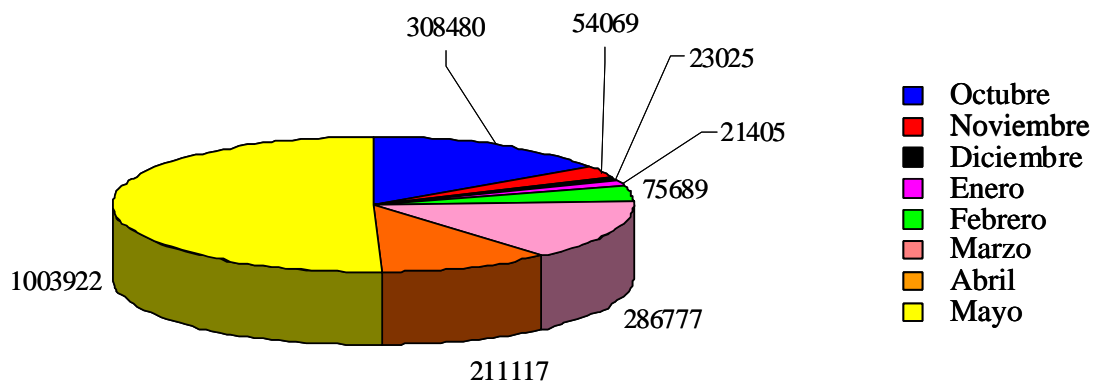
**1.- Nasa.** El arte típico para la captura de anguilas es la nasa, construida con red sobre 5 aros de madera o hierro plastificado con diámetros de luz 55, 50, 45, 40 y 35 cm aproximadamente y 3 muertes. La luz de la red es de 12 mm para la primera muerte, 8 mm para la segunda y 6 mm para la tercera o copo (Figura 8).



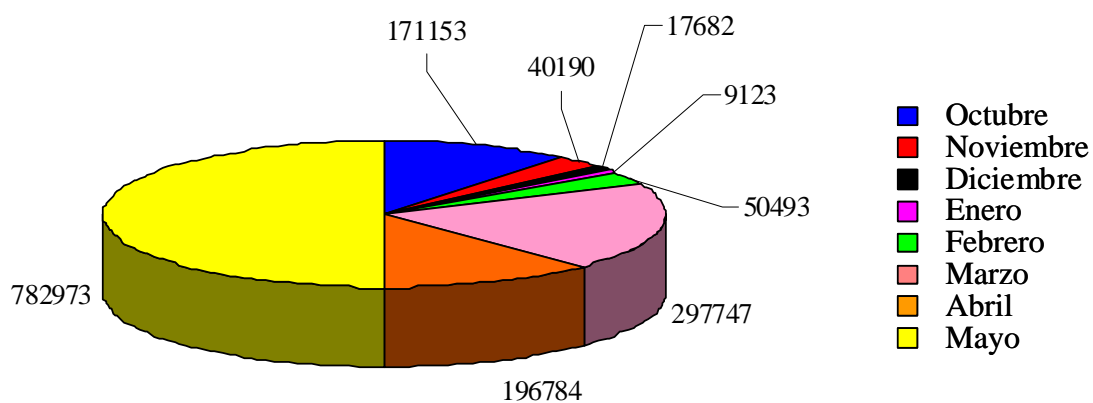
Figura 8.- Nasas dispuestas en un canal.

### **Apéndice III.**

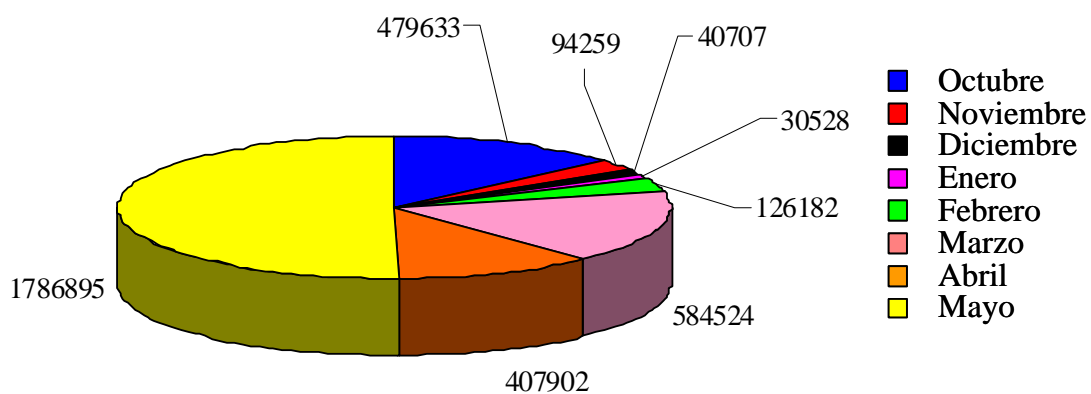
Número de individuos capturados por kilogramo de angula pescada.



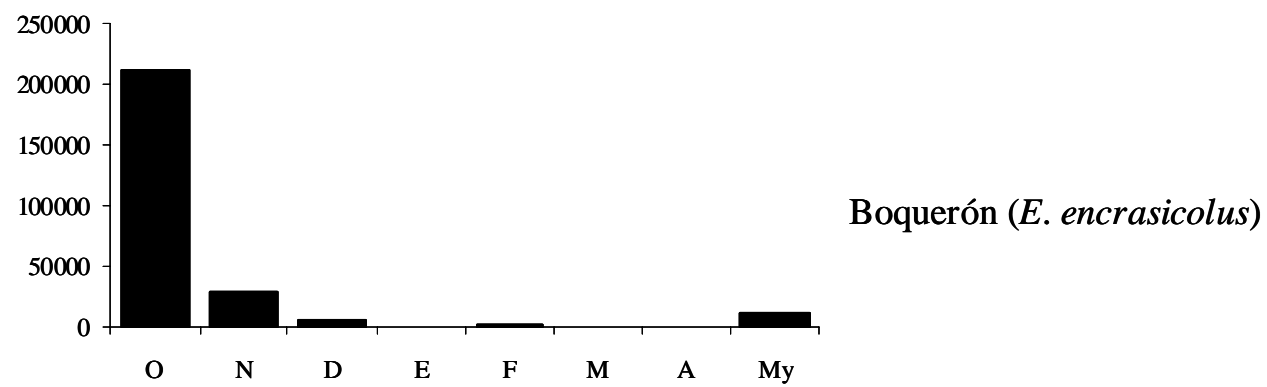
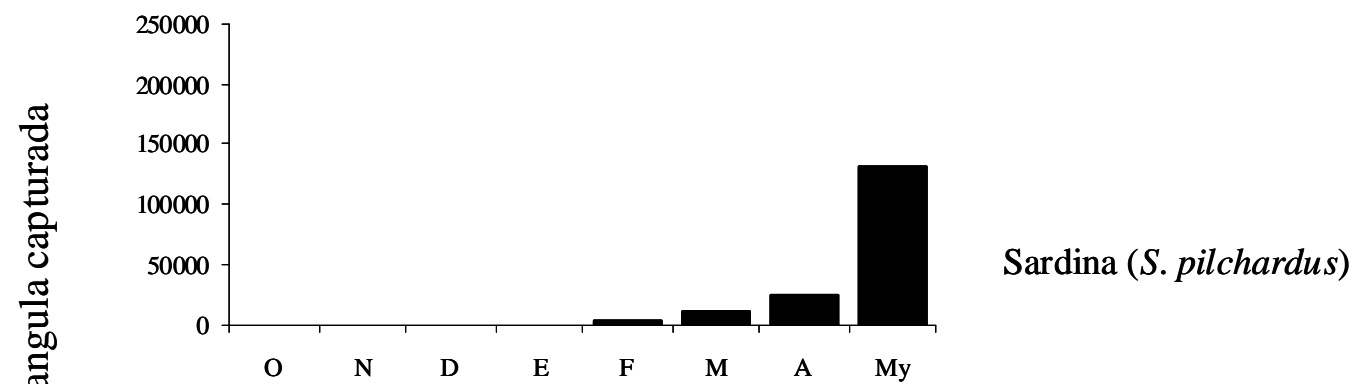
Número de peces descartados por kilogramo de angulas capturadas



Número de macroinvertebrados decápodos descartados por kilogramo de angulas capturadas

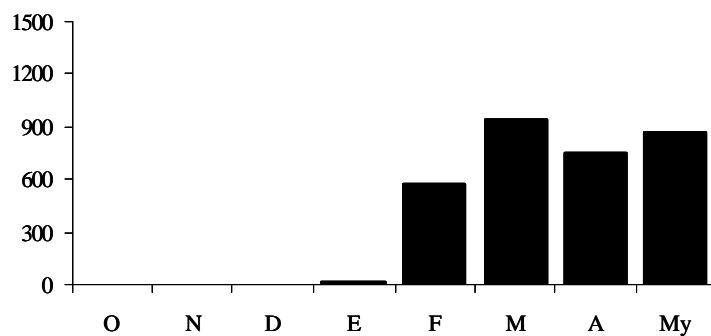


Número de macroinvertebrados decápodos y peces descartados por kilogramo de angulas capturadas

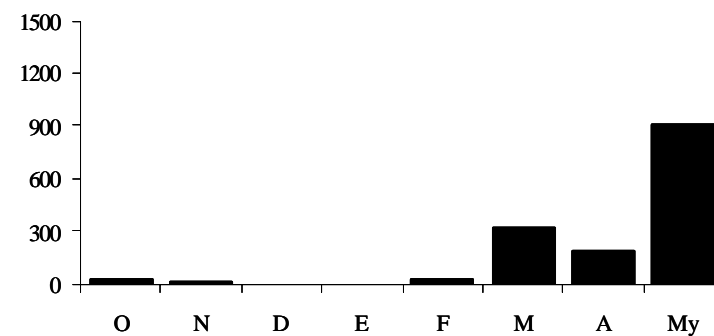


Individuos x Kg de angula capturada

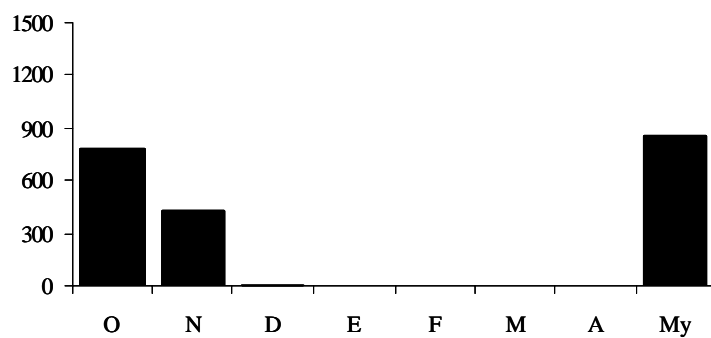
Lubina (*D. labrax*)



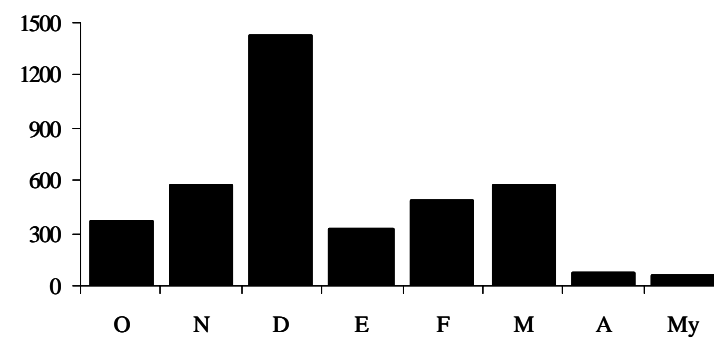
Lenguado (*S. vulgaris*)



Corvina (*A. regius*)

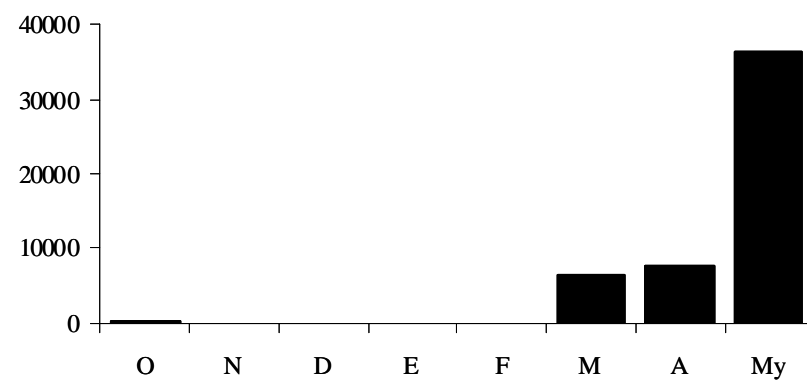


Chanquete (*A. minuta*)

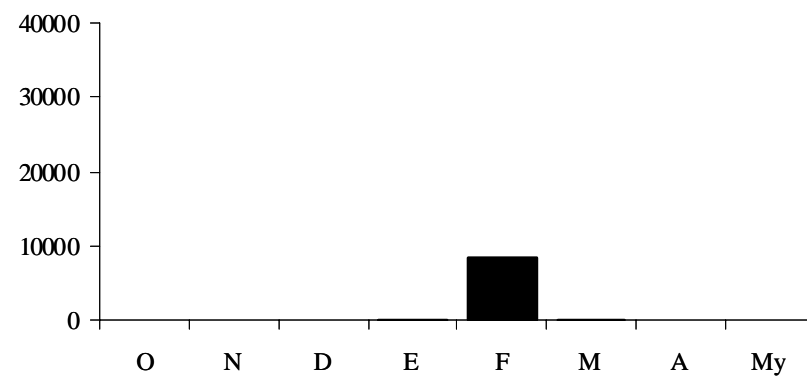




Individuos x Kg de angula capturada

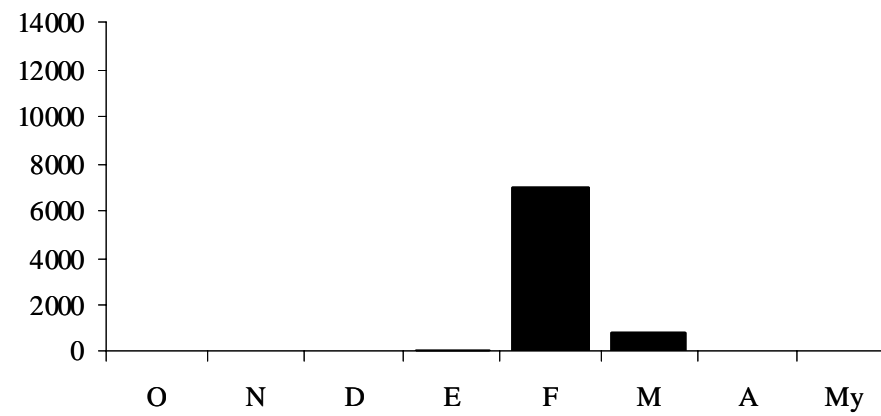


Baila (*D. punctatus*)

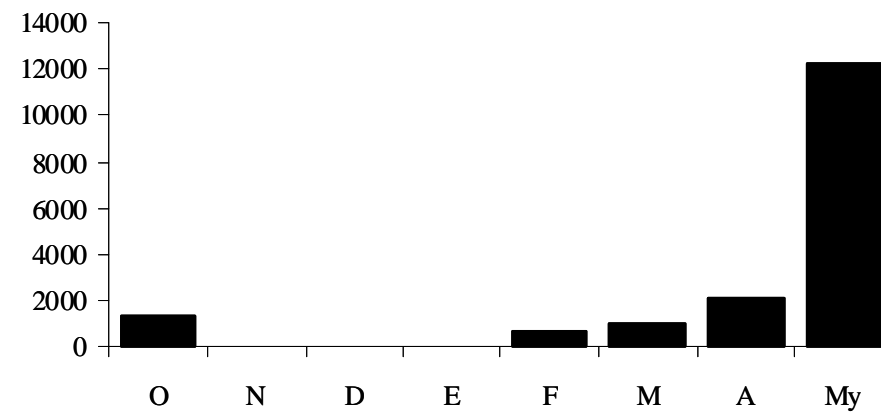


Lenguadilla (*S. senegalensis*)

Individuos x Kg de angula capturada

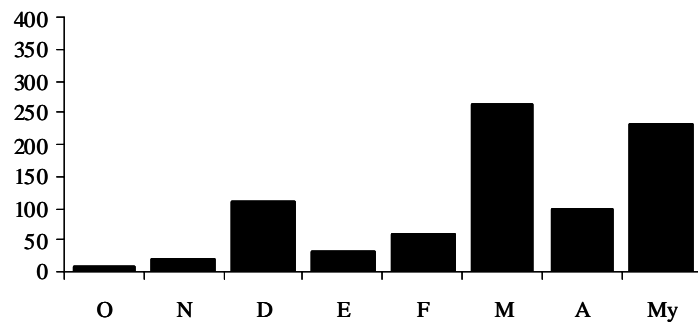


Dorada (S. aurata)

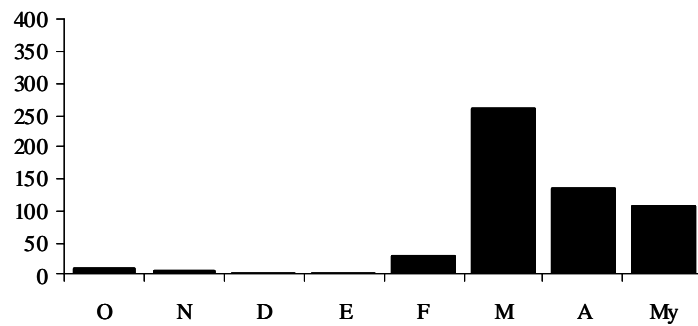


Otras especies

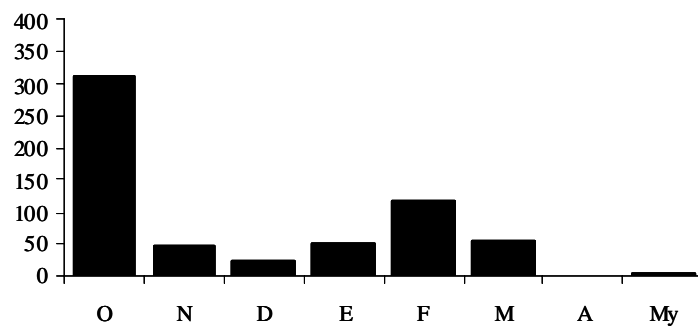
Individuos x Kg de angula capturada



Anguila (*A. anguilla*)

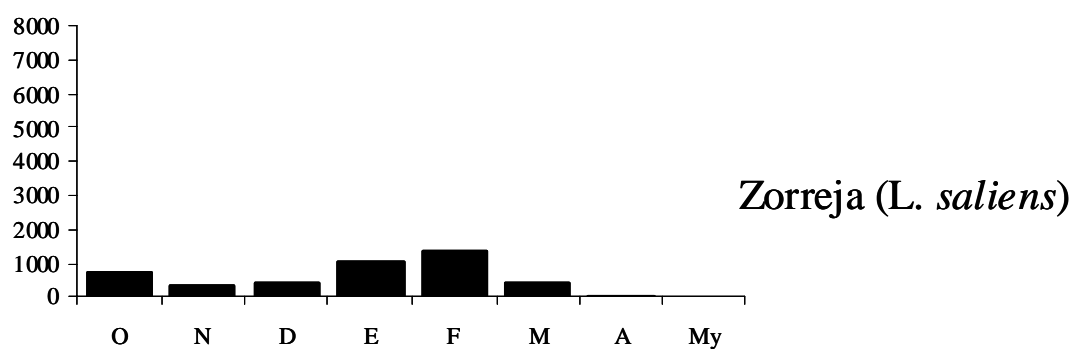
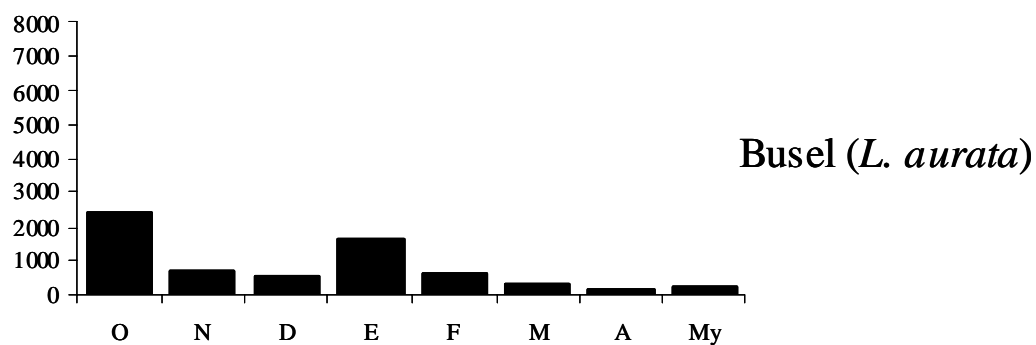
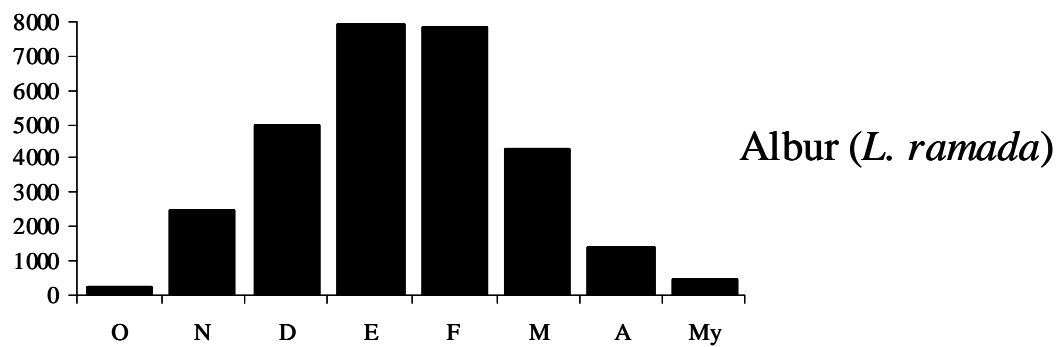


Liseta (*Ch. labrosus*)



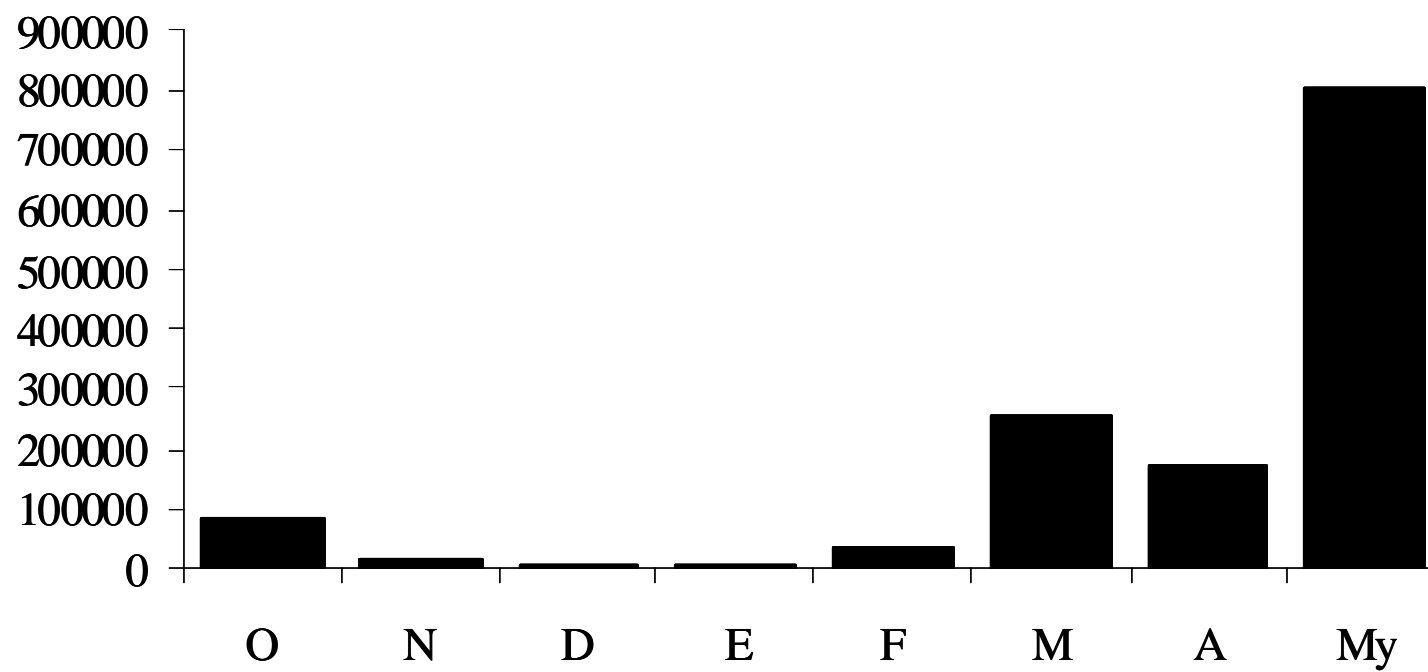
Capitán (*M. cephalus*)

Individuos x Kg de angula capturada

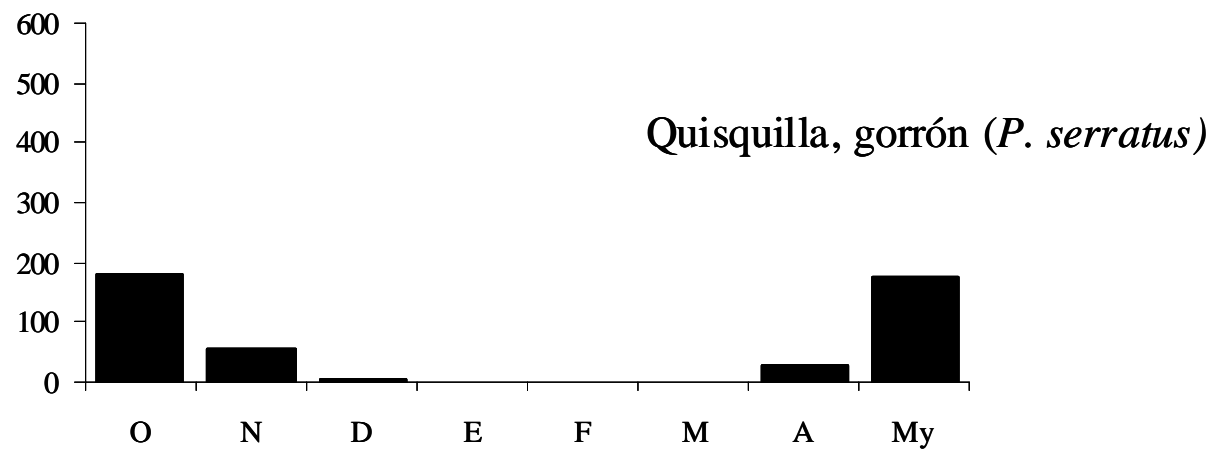
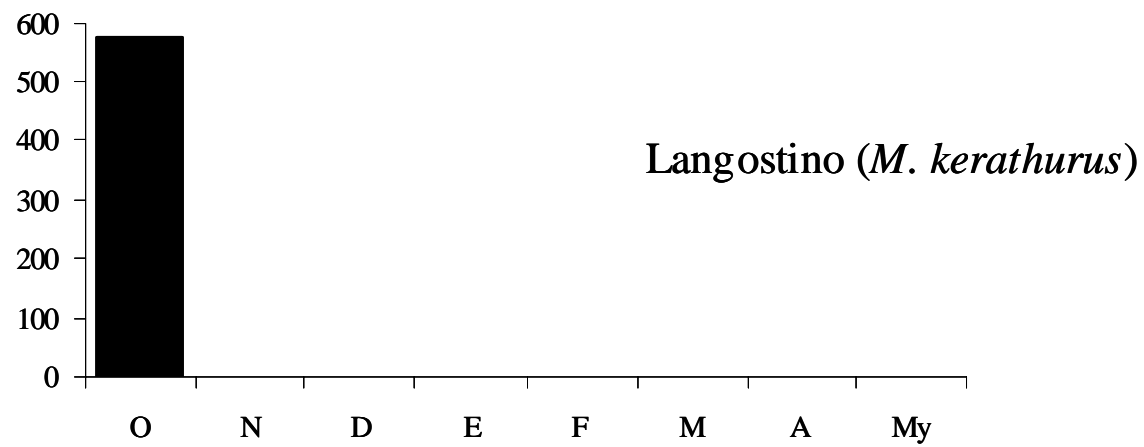


Individuos x Kg de angula capturada

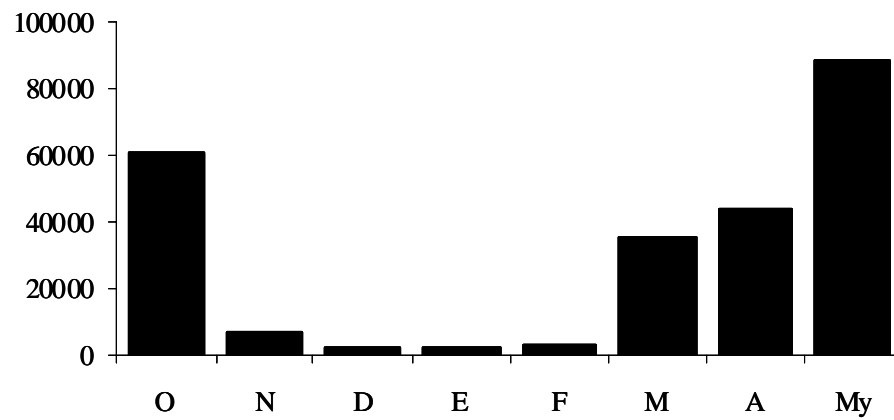
Otras especies (n =21)



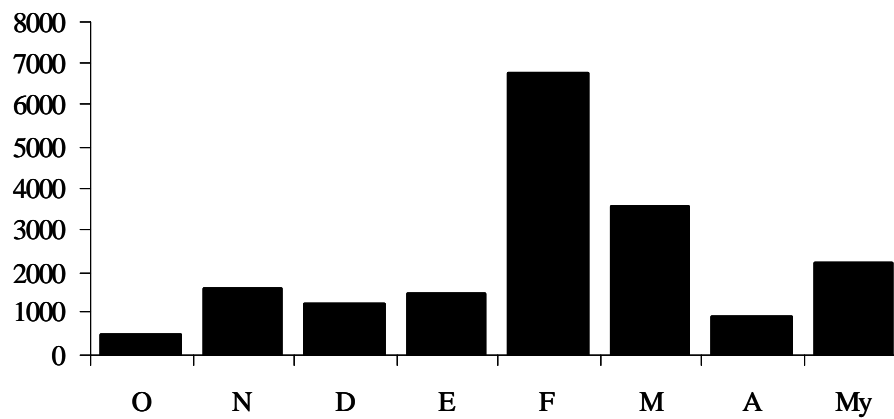
Individuos x Kg de angula capturada



Individuos x Kg de angula capturada

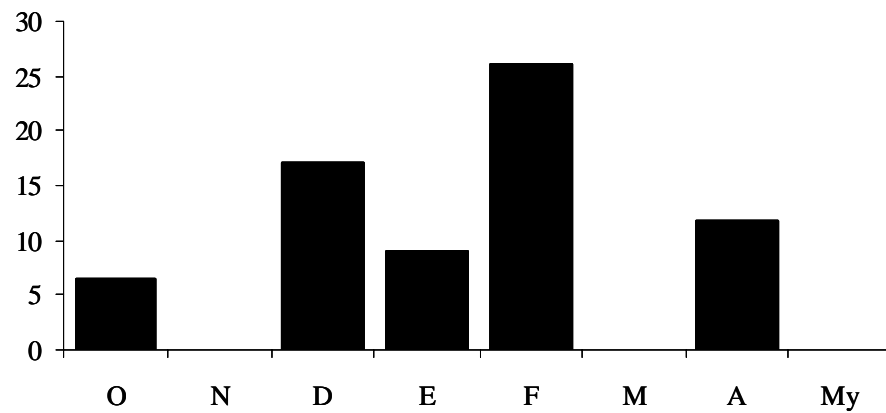
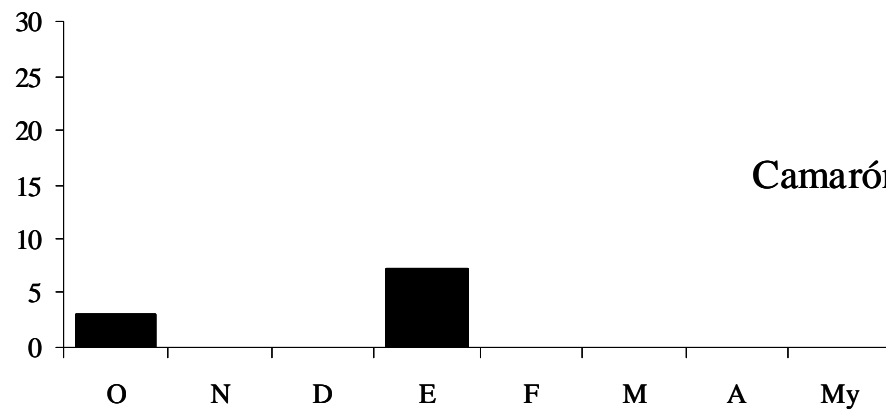


Camarón blanco (*P. longirostris*)

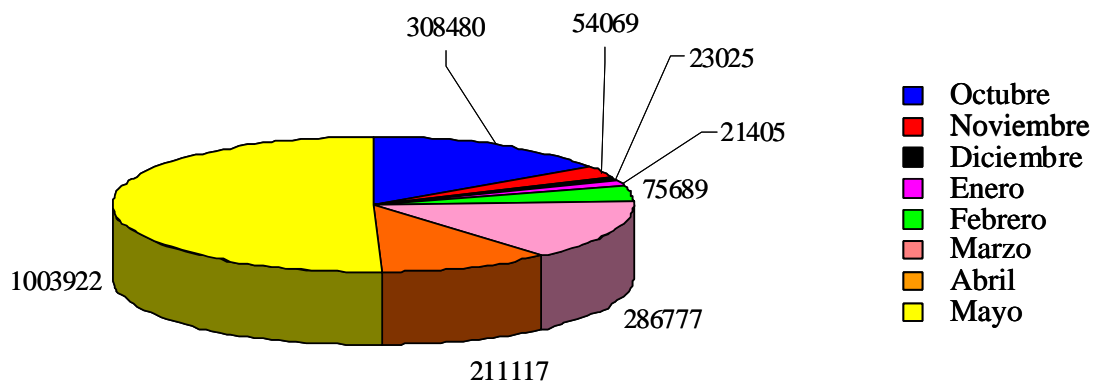


Camarón (*P. varians*)

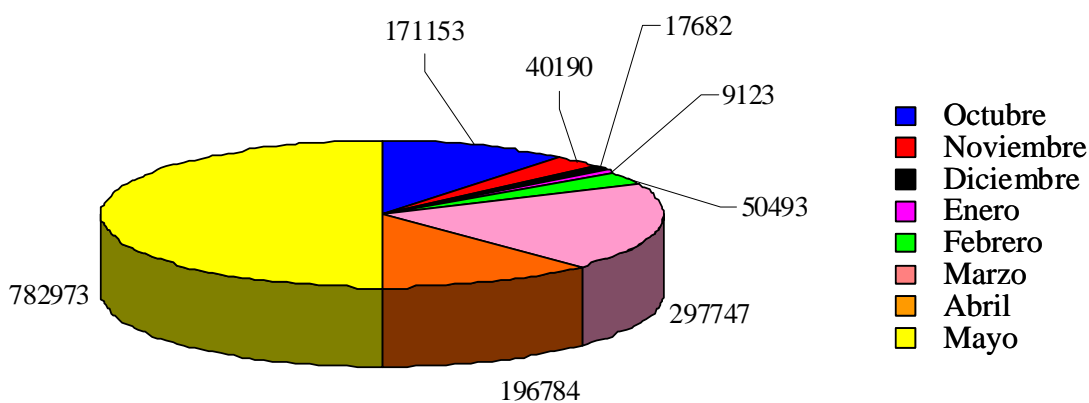
Individuos x Kg de angula capturada



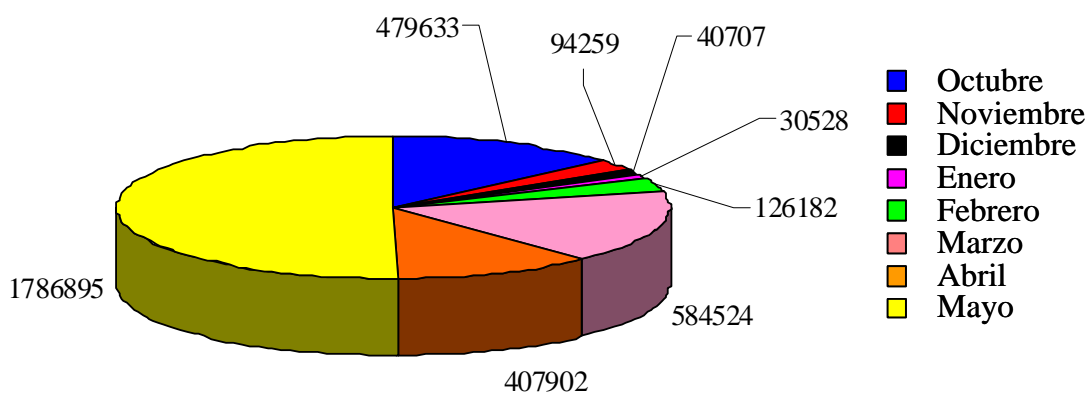




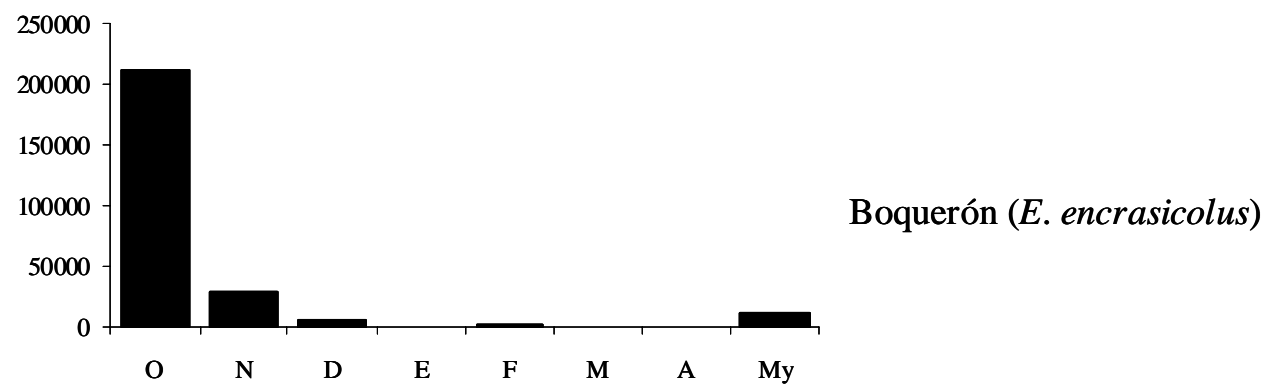
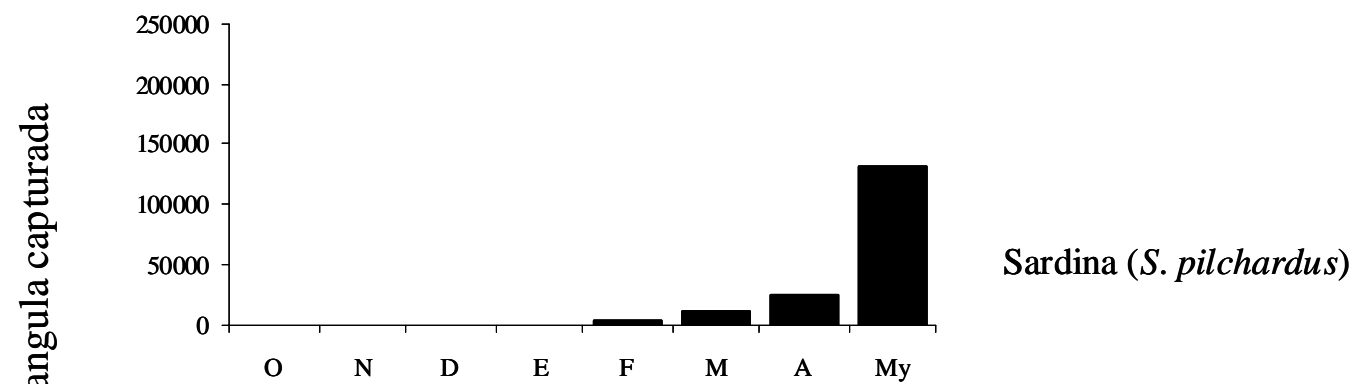
Número de peces descartados por kilogramo de angulas capturadas



Número de macroinvertebrados decápodos descartados por kilogramo de angulas capturadas

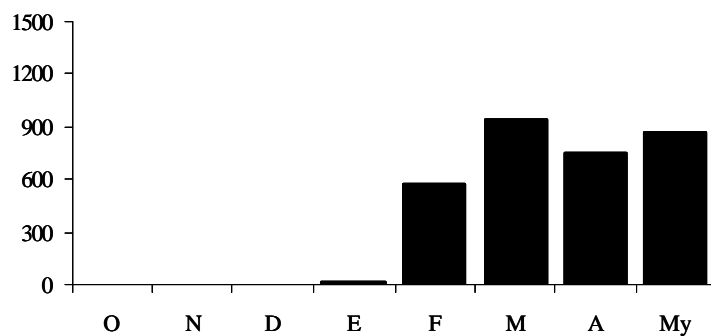


Número de macroinvertebrados decápodos y peces descartados por kilogramo de angulas capturadas

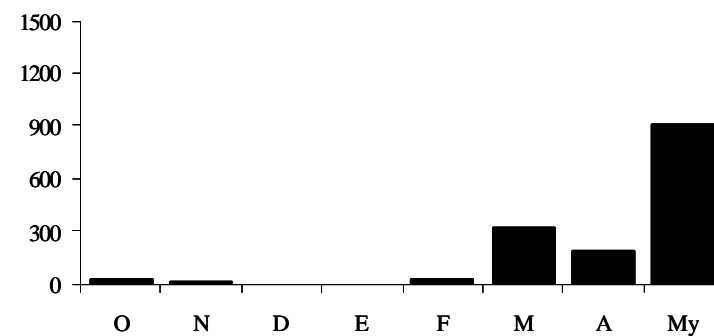


Individuos x Kg de angula capturada

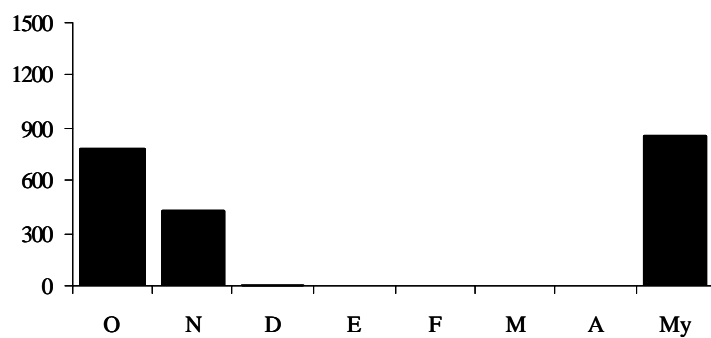
Lubina (*D. labrax*)



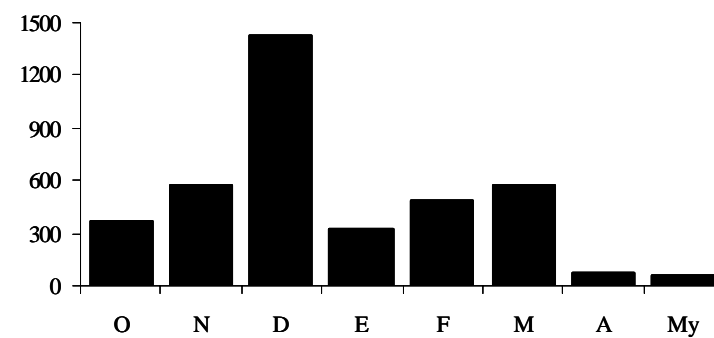
Lenguado (*S. vulgaris*)



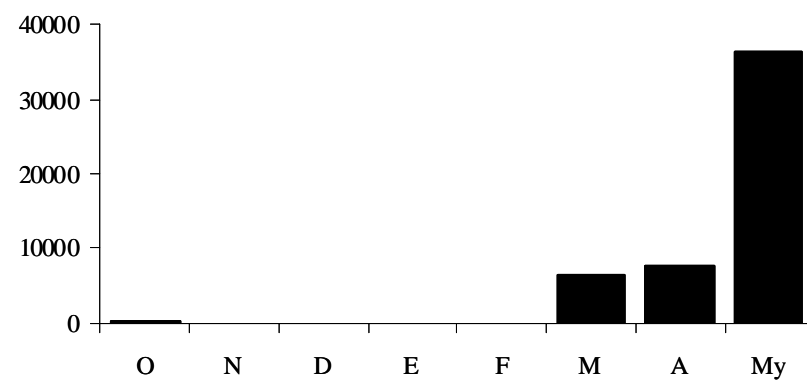
Corvina (*A. regius*)



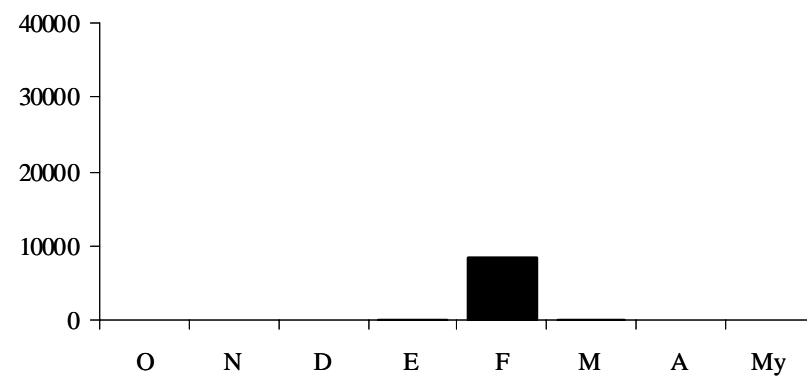
Chanquete (*A. minuta*)



Individuos x Kg de angula capturada

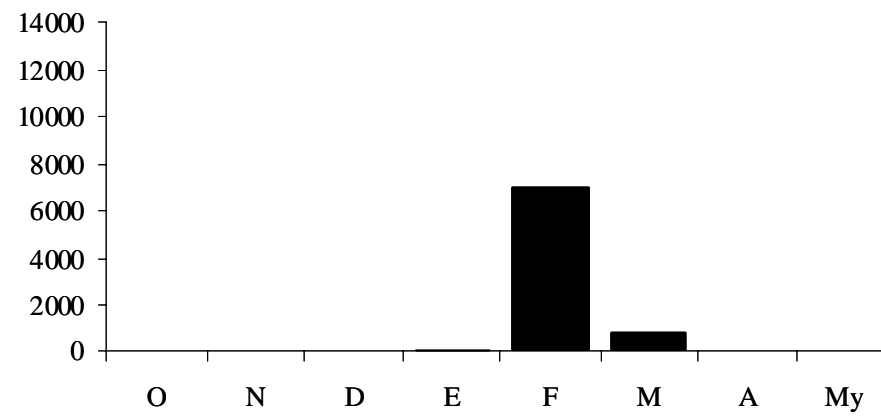


Baila (*D. punctatus*)

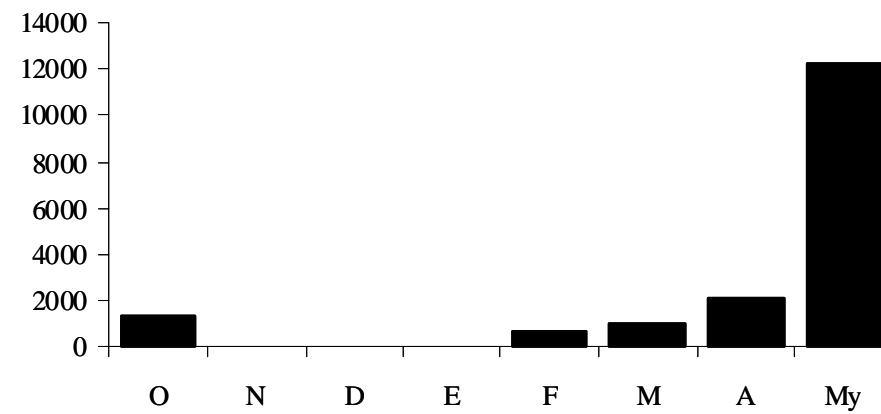


Lenguadilla (*S. senegalensis*)

Individuos x Kg de angula capturada

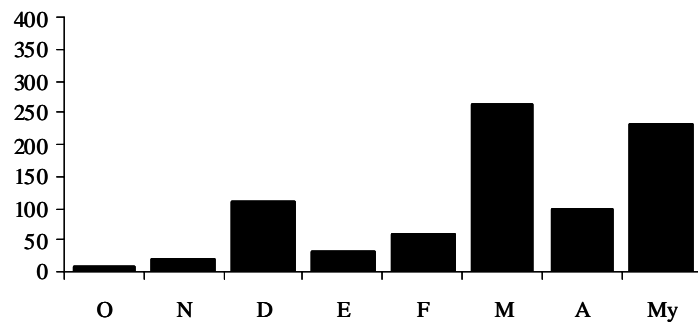


Dorada (S. aurata)

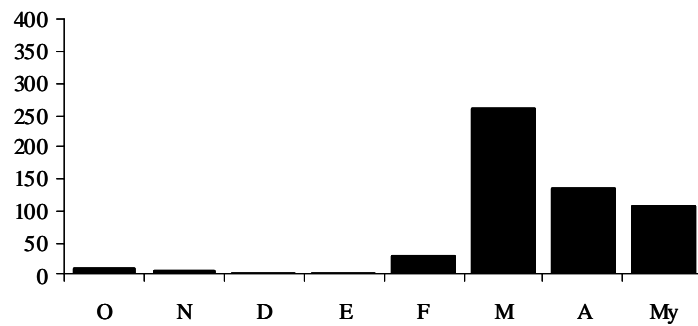


Otras especies

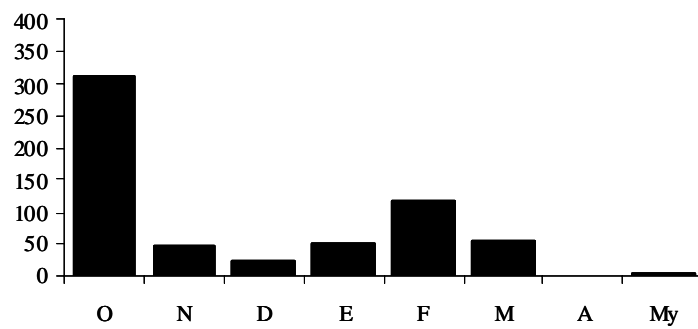
Individuos x Kg de angula capturada



Anguila (*A. anguilla*)

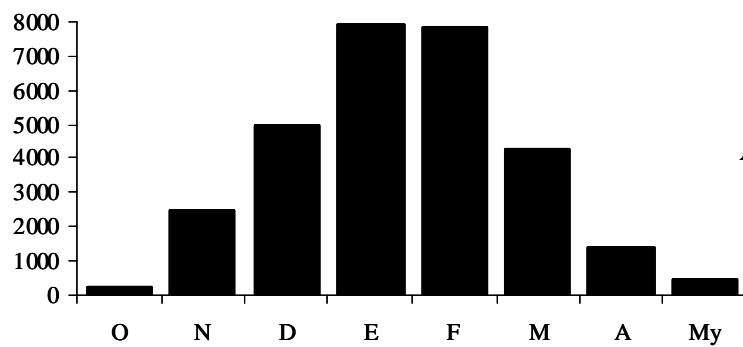


Liseta (*Ch. labrosus*)

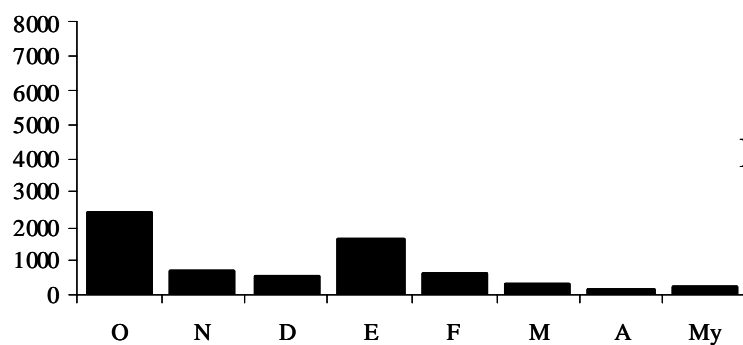


Capitán (*M. cephalus*)

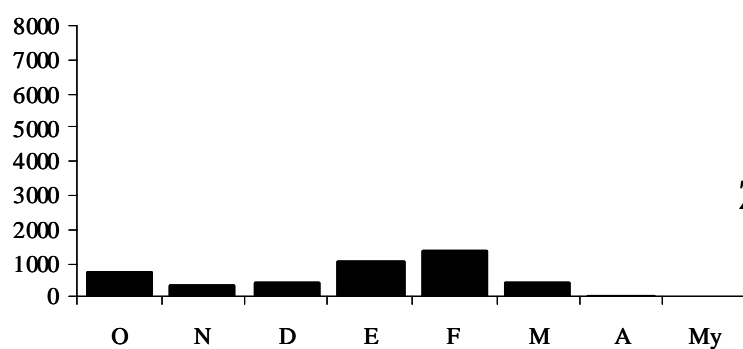
Individuos x Kg de angula capturada



Albur (*L. ramada*)



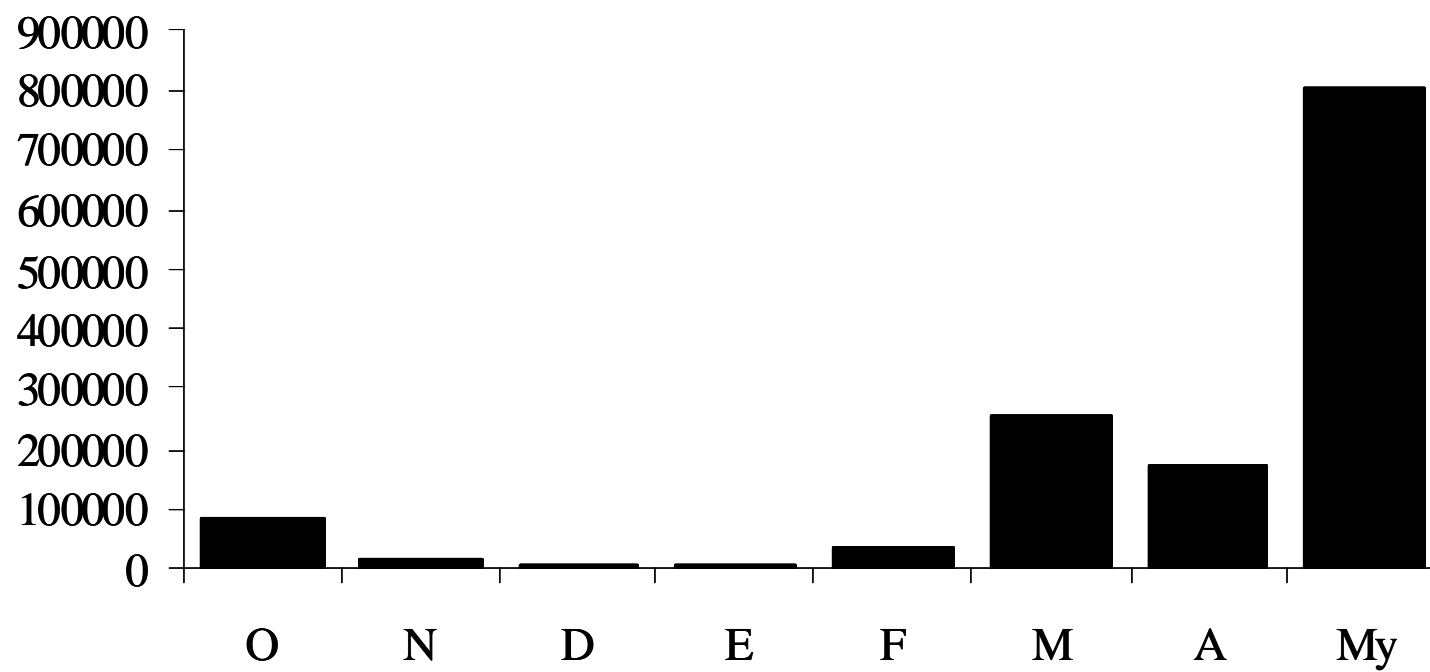
Busel (*L. aurata*)



Zorreja (*L. saliens*)

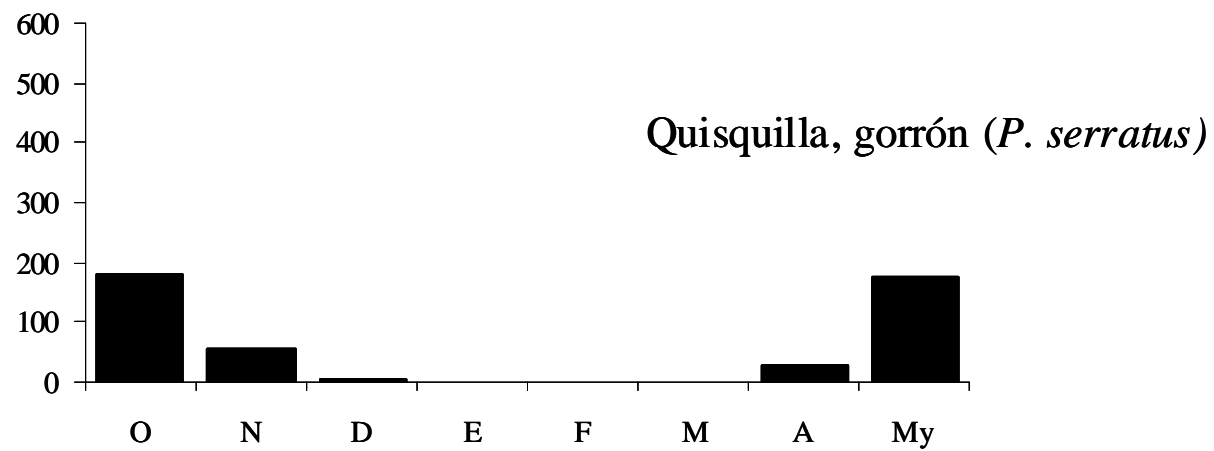
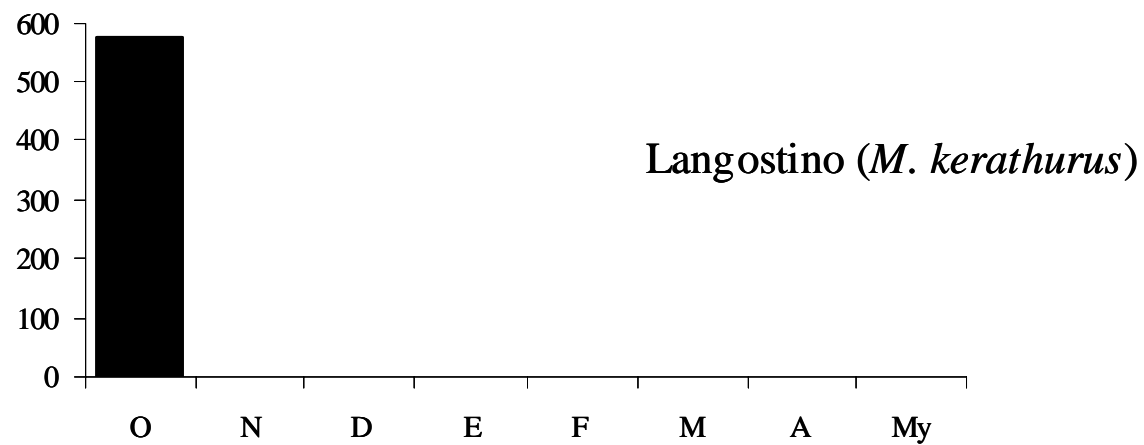
Individuos x Kg de angula capturada

Otras especies (n =21)

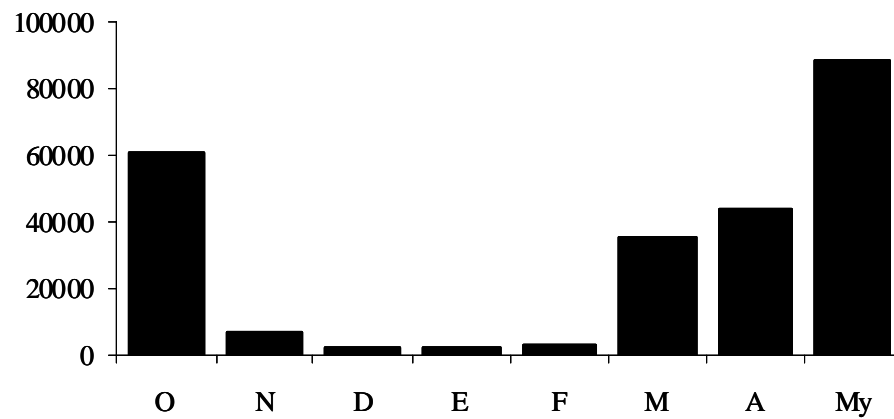




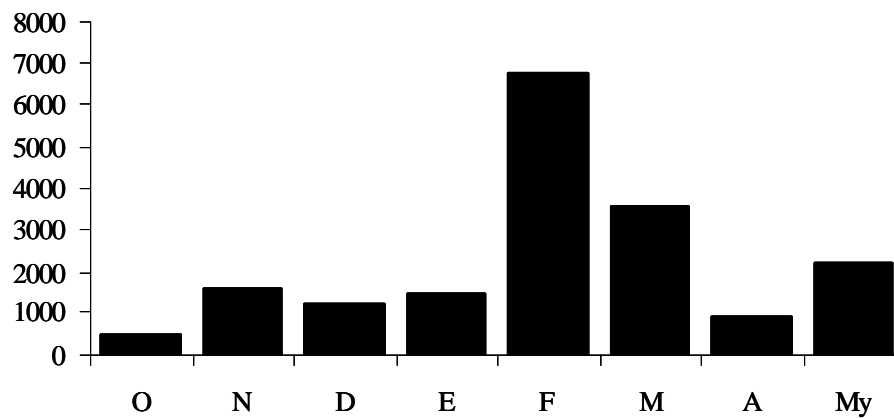
Individuos x Kg de angula capturada



Individuos x Kg de angula capturada

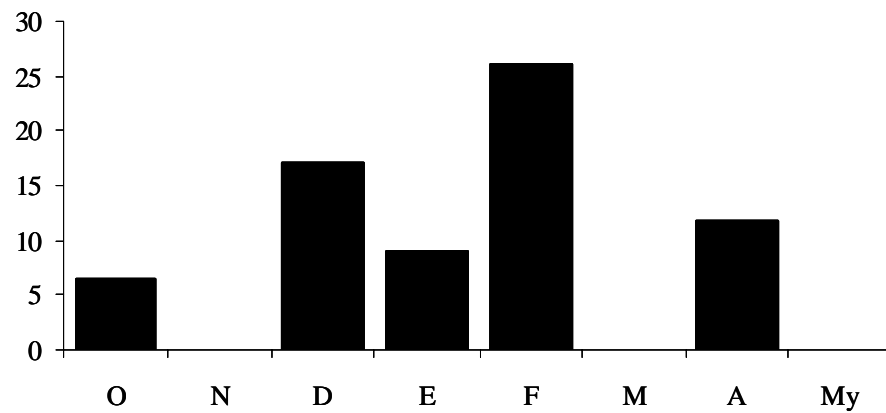
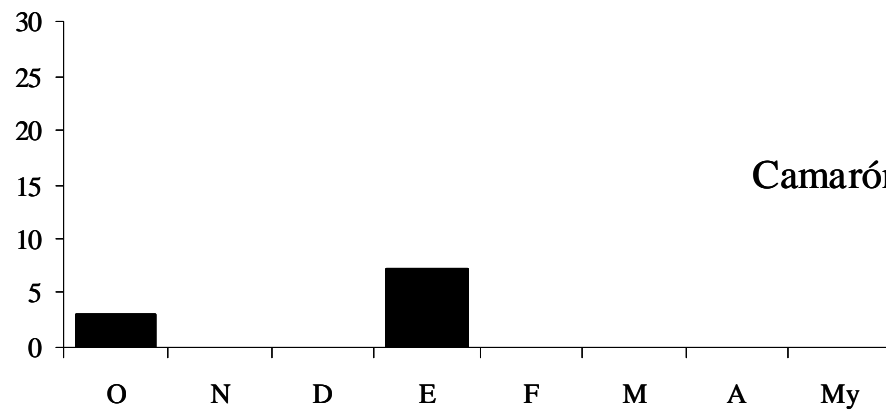


Camarón blanco (*P. longirostris*)



Camarón (*P. varians*)

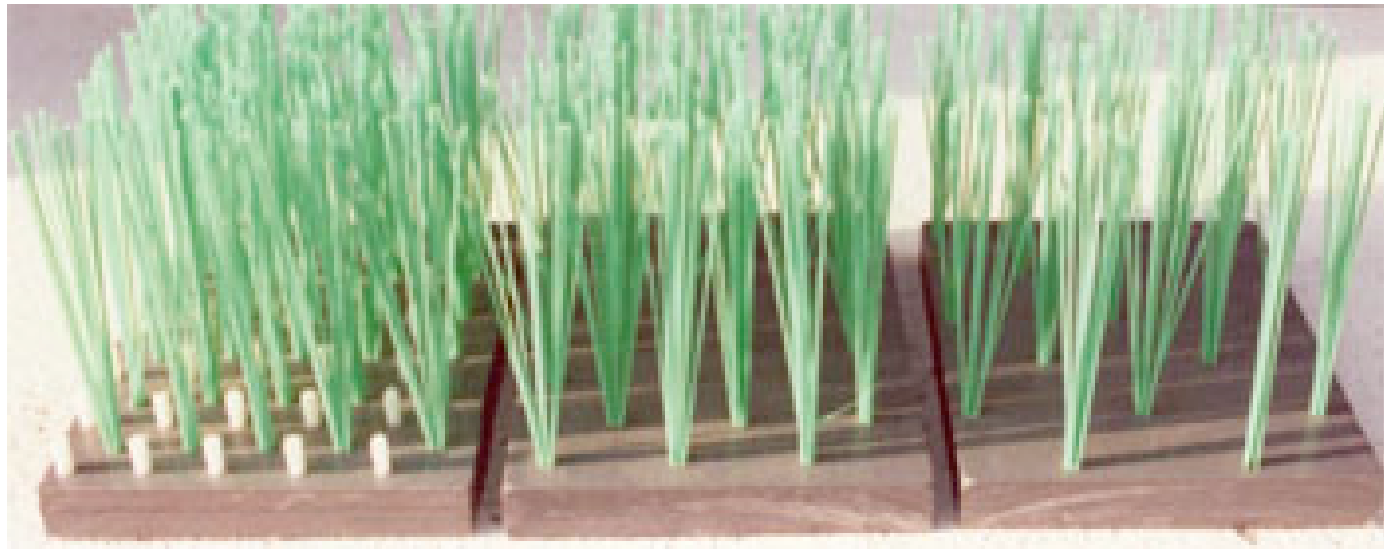
Individuos x Kg de angula capturada



## **Apéndice IV.**

Pasos artificiales para angulas y anguilas

# Pasos para angulas







Pasos estuáricos: Sirven para captar angulas en migración a la entrada de los estuarios, se ajustan al ritmo mareal y nivel del agua.



# Pasos para anguilas





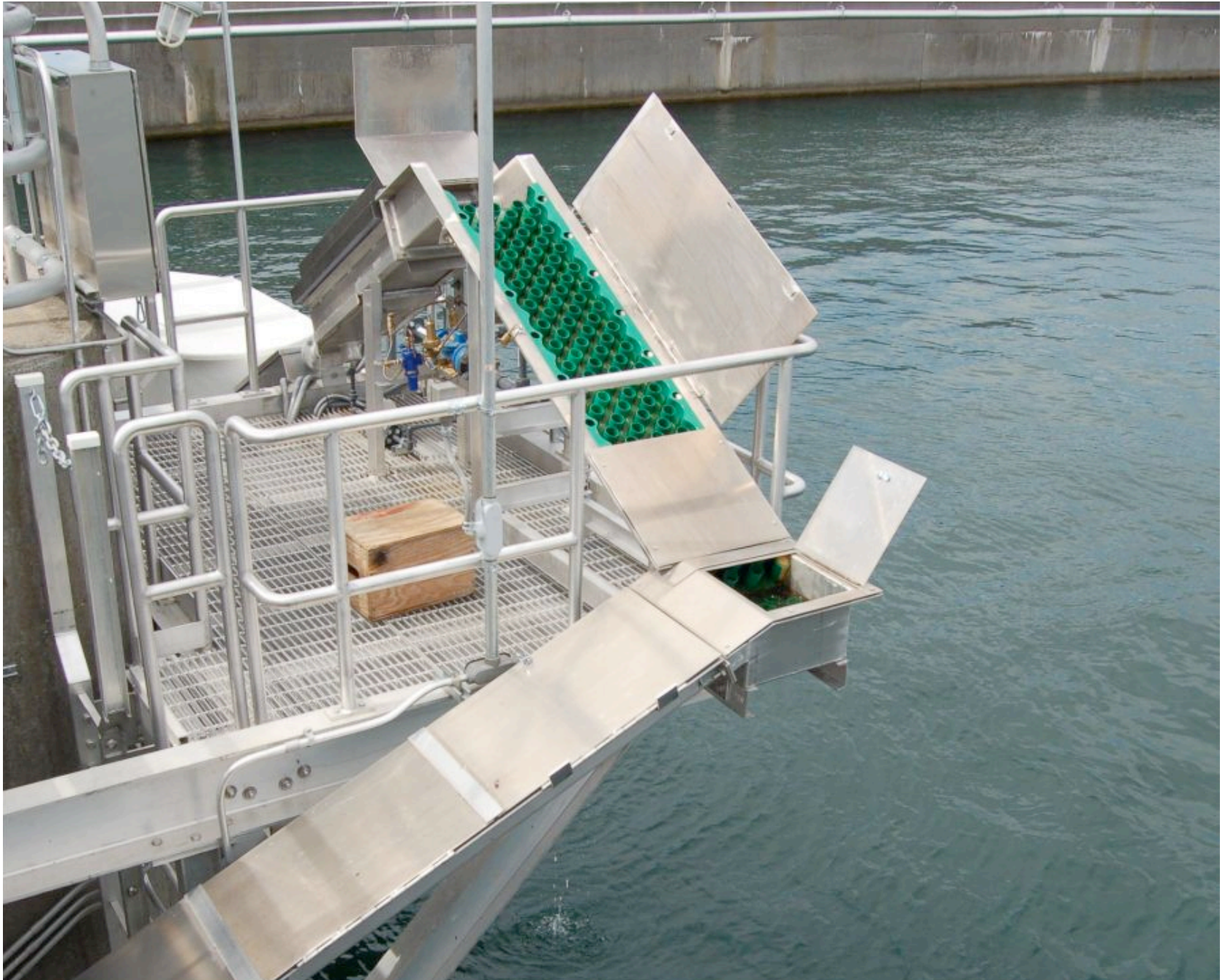
















Contador de anguilas





